



**TUGAS AKHIR - TM 145502**

**PENGARUH JARAK TEMPUH TERHADAP  
VISKOSITAS KINEMATIK DAN VISKOSITAS  
INDEX OLI AHM MPX 2 SAE 10W 30 PADA SEPEDA  
MOTOR HONDA BEAT**

**Agung Setia Budi Kurniawan  
NRP. 10211400000037**

**Dosen Pembimbing :  
Ir. Suhariyanto, MT.  
NIP. 19620424 198903 1 005**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018**



**TUGAS AKHIR – TM 145502**

**PENGARUH JARAK TEMPUH TERHADAP  
VISKOSITAS KINEMATIK DAN VISKOSITAS INDEX  
OLI AHM MPX 2 SAE 10W 30 PADA SEPEDA MOTOR  
HONDA BEAT**

Agung Setia Budi Kurniawan  
NRP : 10211400000037

Dosen Pembimbing I  
Ir. Suhariyanto, MT  
19620424 198903 1 005

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2018



**TUGAS AKHIR – TM 145502**

**INFLUENCE OF DISTANCE TO KINEMATIC  
VISCOSITY AND OIL INDEX VISCOSITY AHM MPX 2  
SAE 10W 30 ON HONDA BEAT MOTORCYCLE**

Agung Setia Budi Kurniawan  
NRP : 10211400000037

Conselor Lecturer  
Ir. Suhariyanto, MSc  
19620424 198903 1 005

MECHANICAL INDUSTRIAL ENGINEERING DEPARTEMENT  
Faculty Of Vocational  
Sepuluh Nopember Institute Of Technology  
Surabaya  
2018

**PENGARUH JARAK TEMPUH TERHADAP  
VISKOSITAS KINEMATIK DAN VISKOSITAS  
INDEX OLI AHM MPX 2 SAE 10W 30 PADA SEPEDA  
MOTOR HONDA BEAT**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya  
pada  
Bidang Studi Manufaktur  
Departemen Teknik Mesin Industri  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
SURABAYA


Oleh :

**Agung Setia Budi Kurniawan**

NRP. 10211400000037

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing



**Dr. Suhariyanto, MT**  
NIP. 19620424 198903 1 005

**SURABAYA  
JANUARI 2018**

**PENGARUH JARAK TEMPUH TERHADAP  
VISKOSITAS KINEMATIK DAN VISKOSITAS INDEX  
OLI AHM MPX 2 SAE 10W 30 PADA SEPEDA MOTOR  
HONDA BEAT**

**Nama Mahasiswa** : Agung Setia Budi Kurniawan  
**NRP** : 10211400000037  
**Jurusan** : Dept. Teknik Mesin Industri FV-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Suhariyanto, MT ,

**ABSTRAK**

*Pada umumnya untuk menentukan minyak pelumas sudah waktunya diganti atau belum, masih berpedoman pada jarak tempuh (km) untuk kendaraan bermotor. Salah satu cara untuk menentukan minyak pelumas sudah waktunya diganti atau belum dapat diukur dengan mengukur viskositasnya agar kelayakan-pakai minyak pelumas dapat diketahui. Syarat kelayakan-pakai minyak pelumas yaitu viskositas berkurang tidak lebih dari 50% dari viskositas minyak pelumas baru. Dalam tugas akhir ini untuk menunjukan jarak tempuh terhadap viskositas dan viskositas indexnya. Semakin panjang jarak tempuh minyak pelumas dipakai maka viskositasnya semakin turun akan tetepi nilai viskositas indexnya tetap .*

*Pada tugas akhir ini akan dilakukan pengujian viskositas minyak pelumas menggunakan metode alat viskometer kinematik bath kohler. Variasi jarak tempuh adalah 0 km, 2000 km, dan 3000 km dengan temperatur pengujian pada 40<sup>o</sup> C dan 100<sup>o</sup> C.*

*Hasil pengujian dan perhitungan memperlihatkan bahwa semakin panjang jarak tempuh maka viskositasnya semakin turun dan nilai viskositas indexnya tetap. Dan untuk mengetahui lamanya bola jatuh (t) bila menggunakan viskometer bola jatuh, diperoleh nilai t yang sangat singkat yang tidak bisa diamati oleh panca indera. jarak tempuh, pada 2200 km pada suhu 40°C, diperoleh t = 0,31 sec.*

***Kata Kunci : Pengaruh jarak tempuh pelumas, Viskositas,  
Viskometer Kinematik bath kohler***

# **INFLUENCE OF DISTANCE TO KINEMATIC VISCOSITY AND OIL INDEX VISCOSITY AHM MPX 2 SAE 10W 30 ON HONDA BEAT MOTORCYCLE**

**Student Name** : Agung Setia Budi Kurniawan  
**NRP** : 10211400000037  
**Department** : Mechanical Industrial Engineering  
**Conselur Lecture** : Ir. Suhariyanto, MT ,

## **ABSTRACT**

*In general, to determine the lubricant oil is time to be replaced or not, still based on mileage (km) for motor vehicles. One way to determine which lubricating oil is time to be replaced or not yet measured by measuring its viscosity so that lubricant oil usability can be known. The requirement for lubricant oil to be used is that the viscosity is reduced by no more than 50% of the viscosity of the new lubricating oil. In this final project to show the distance of viscosity and viscosity index. The longer the lubricant travel distance is used, the viscosity will decrease, but the viscosity value of the index remains the same.*

*In this final project will be tested the viscosity of lubricant oil using kimler kinematic viscometer instrument method. Distance variations are 0 km, 2000 km, and 3000 km with testing temperatures at 400 C and 1000 C.*

*Test results and calculations show that the longer the distance the viscosity decreases and the viscosity index value remains. And to know the duration of the falling ball ( $t$ ) when using a falling ball viscometer, a very short  $t$  value can not be observed by the five senses. mileage, at 2200 km at 40 ° C, obtained  $t = 0.31$  sec.*

***Keywords: influence of lubricant distance, Viscosity, Kinematic  
Visitor of bath kohler***



## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, serta inayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul :

### **“Pengaruh Jarak Tempuh Terhadap Viskositas Kinematik dan Viskositas Index Oli Ahm Mpx 2 Sae 10w 30 pada Sepeda Motor Honda Beat”**

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan akademis dalam menempuh pendidikan Program Studi D3 Teknik Mesin , Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis berusaha menerapkan ilmu yang didapat selama menjalani perkuliahan di D3 Teknik Mesin. Kiranya penulis tidak akan mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini tanpa bantuan, saran, dukungan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Suhariyanto, MT. Sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan saran serta bimbingannya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT. Sebagai Ketua Departemen Teknik Mesin Industri VOKASI-ITS.
3. Bapak Ir. Suhariyanto, MT. Sebagai Koordinator Tugas Akhir Departemen Teknik Mesin Industri VOKASI-ITS.
4. Bapak Dedy zulhidayat, ST, MT, Ph.D. Sebagai dosen wali yang memberikan bimbingan dan pengarahan selama masa perkuliahan di Departemen Teknik Mesin VOKASI-ITS.
5. Dosen Penguji yang memberikan saran dan masukan guna menyempurnakan Tugas Akhir ini.

6. Ayah, Ibu dan keluarga tercinta atas kasih sayang, doa, dukungan, serta materi yang tak ada hentinya diberikan kepada penulis.
7. Ladrian Rohmi Abdi Syahdanni, Amd yang telah memberikan motivasi, saran, dan dukungan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Teman-teman warga 2014, 2015, 2016 atas kerjasama yang terjalin selama ini
9. Serta Semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan laporan tugas akhir ini masih belum sempurna, untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata penulis berdoa agar segala bantuan yang diberikan mendapat balasan dan rahmat dari Allah SWT. Dan semoga hasil dari laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat sebagaimana yang diharapkan. Amin

Surabaya, Januari 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

### HALAMAN JUDUL

### LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xi

### BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan .....	2
1.5 Manfaat .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3

### BAB II DASAR TEORI

2.1 Karakteristik Pelumas .....	5
2.1.1 Viskositas Pelumas dan Unit Viskositas .....	5
2.1.2 Pengukuran Viskositas .....	9
2.1.3 Index Viskositas .....	10
2.2 Macam-macam Aliran .....	11
2.2.1 Aliran Viscous dan Inviscid .....	11
2.2.2 Aliran Laminer dan Turbulent .....	11
2.2.3 Aliran Incompressible dan Compressible .....	13
2.3 Hukum-hukum Dasar yang Terkait .....	13
2.3.1 Dinamika Gerak Lurus .....	13
2.3.2 Gerak Lurus Beraturan dan Gerak Lurus Berubah Beraturan .....	14
2.3.3 Berat .....	15
2.3.4 Kecepatan dan Percepatan .....	16
2.3.5 Prinsip Archimedes .....	17

2.3.6 Hukum Stokes.....	17
2.4 Macam-macam Cara Kerja Viscometer .....	22
2.5 Pelumasan .....	22
2.5.1 Penggunaan Minyak Pelumas Pada Motor Bensin .....	23
2.5.2 Beberapa Sifat Penting Minyak Pelumas.....	24
2.5.3 Cara-cara Pelumasan .....	25
2.5.4 Jenis-jenis Minyak Pelumas .....	27
2.5.5 Pengaruh suhu terhadap viskositas minyak pelumas.....	28
2.5.6 Pengaruh jarak tempuh terhadap viskositas Minyak pelumas.....	28
2.5.7 Parameter Utama Analisa Pelumas.....	29
2.5.8 Viskositas.....	29
2.5.9 Kontaminan Air.....	30
2.5.10 Kontaminasi Garam.....	31
2.5.11 Polutan padat terlarut.....	31
2.5.12 Total Base Number.....	32
2.5.13 Total Acid Number.....	34

### **BAB III METODOLOGI**

3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir .....	37
3.2 Kerangka Pengujian.....	38
3.3 Alat-alat Pendukung .....	39
3.4. Prosedur Pengujian.....	43

### **BAB IV PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN**

4.1 Hasil Pengujian.....	47
4.2 Hasil Perhitungan Lamanya bola jatuh .....	48
4.2.1 Perhitungan lamanya bola jatuh pada oli baru (0 km).....	49
4.2.2 Menghitung waktu lamanya bola jatuh (2200 km).....	53
4.2.3 Menghitung waktu lamanya bola jatuh (3000 km).....	55

4.3 Mencari viskositas index.....	57
4.3.1 Menghitung viskositas index ( 0 km ).....	57
4.3.2 Menghitung viskositas index ( 2200 km).....	59
4.3.3 Menghitung viskositas index ( 3000 km).....	60
4.4 Pembahasan.....	61

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan.....	63
5.2 Saran.....	63

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## **BIODATA**

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1.</b> Teori Viskositas Pada Suatu Fluida .....	6
<b>Gambar 2.2.</b> Grafik perubahan Viskositas kinematik akibat kenaikan suhu dari suatu minyak pelumas .....	8
<b>Gambar 2.3.</b> Aliran Laminer dan Turbulen .....	11
<b>Gambar 2.4.</b> Kurva hubungan antara $v$ dan $t$ untuk : GLB dan GLBB .....	15
<b>Gambar 2.5.</b> Bola jatuh dalam fluida .....	18
<b>Gambar 2.6.</b> Cara pelumasan : Sumbu, Percik dan Cincin .....	25
<b>Gambar 3.1.</b> Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir .....	38
<b>Gambar 3.2.</b> Termometer air raksa .....	39
<b>Gambar 3.3.</b> Gelas Ukur .....	40
<b>Gambar 3.4.</b> Minyak pelumas AHM MPX 2 SAE 10W30 .....	40
<b>Gambar 3.5.</b> Kompor Listrik.....	41
<b>Gambar 3.6.</b> Timbangan digital elektrik .....	41
<b>Gambar 3.7.</b> Jangka Sorong.....	42
<b>Gambar 3.8.</b> Alat viskometer bath kohler.....	42
<b>Gambar 3.9.</b> Minyak Pelumas yang dipanaskan dengan kompor listrik pada tempratur $40^{\circ}\text{C}$ .....	43
<b>Gambar 3.10.</b> Cara Kerja Viskometer bola jatuh .....	44
<b>Gambar 4.1.</b> Grafik viskositas Kinematik.....	48
<b>Gambar 4.2.</b> Viskositas index ( 0 km ).....	57
<b>Gambar 4.3.</b> Viskositas index ( 2200 km ).....	59
<b>Gambar 4.4</b> Viskositas index ( 3000 km).....	60

## DAFTAR TABEL

<b>TABEL 4.1.</b> Hasil pengukuran viskometer dengan Viskometer kinematik bath kohler.....	47
<b>TABEL 4.2.</b> Hasil perhitungangan waktu lamanya bola jatuh.....	57
<b>TABEL 4.3.</b> Hasil Perhitungan Viskositas Index.....	61

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

*Viskositas* (kekentalan) merupakan karakteristik yang dimiliki oleh zat cair, karakteristik ini penting pada proses industri untuk menentukan standar kualitas maupun standar kerja produk. Sebagai contoh mengetahui viskositas minyak pelumas tertentu dapat membantu pengendara motor untuk memilih oli yang sesuai dengan spesifikasi sepeda motor.

Salah satu hal yang perlu diperhatikan tentang pelumas adalah *viskositasnya*, sifat ini dimiliki oleh setiap zat cair. *Viskositas* dari pelumas bervariasi dengan adanya perubahan temperatur, dalam kenyataannya suatu *fluida* umumnya akan mengalami penurunan *viskositas* dengan adanya kenaikan temperatur. Setelah temperatur kembali seperti semula atau dingin, *Viskositas* tidak kembali naik seperti semula, tetapi turun sedikit demi sedikit, sehingga pada akhirnya *Viskositasnya* tidak memenuhi syarat lagi. Pada zat cair, viskositas disebabkan karena adanya gaya kohesi (gaya tarik menarik antara molekul).

Selama ini untuk menentukan minyak pelumas sudah waktunya diganti atau belum masih berpedoman pada jarak tempuh (km) untuk kendaraan bermotor. Pedoman tersebut jarang dilakukan pengecekan, apa benar jarak tempuh misalnya, 2500 km, 3000 km, 4000 km, dan sebagainya minyak pelumas harus diganti ?. Salah satu cara untuk menentukan minyak pelumas sudah waktunya diganti atau belum dapat diukur dengan mengukur *viskositasnya*. Dalam tugas akhir ini digunakan metode pengujian alat *Viscometer* untuk menguji viskositas pelumas tersebut.



## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut diatas, dibuat suatu perumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh viskositas kinematik terhadap jarak tempuh?
2. Berapa waktu yang dibutuhkan untuk lamanya bola jatuh?
3. Bagaimana pengaruh jarak tempuh terhadap nilai Viskositas index pada minyak pelumas tersebut?

## **1.3. Batasan Masalah**

Dalam tugas akhir ini penulis menggunakan beberapa batasan masalah, diantaranya adalah :

1. Menggunakan minyak pelumas AHM MPX 2 SAE 10W 30 ( 800 ml ).
2. Alat ukur yang digunakan untuk menguji nilai viskositas dalam penelitian ini adalah Viscometer Kinematic Bath Kohler
3. Diujikan pada sepeda motor Honda BEAT ( 4 Tak )

## **1.4. Tujuan**

Tujuan dari penyusunan tugas akhir ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh jarak tempuh terhadap viskositas kinematik minyak pelumas.
2. Untuk mengetahui waktu lamanya bola jatuh
3. Untuk mengetahui nilai viskositas index dari minyak pelumas tersebut

## **1.5. Manfaat**

Dengan adanya *Pengaruh jarak tempuh terhadap viskositas kinematik dan viskositas index oli ahm mpx 2 sae 10w 30 pada sepeda motor honda beat* ini diharapkan dapat membantu proses penggantian minyak pelumas pada sepeda motor, sehingga dalam penggantian minyak pelumas dilakukan dengan waktu yang tepat.

## **1.6. Sistematika Penulisan**

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

*Berisikan tentang* : latar belakang, rumusan masalah , batasan masalah, tujuan, manfaat, sistematika penulisan.

### **BAB II DASAR TEORI**

*Membahas tentang* teori viskositas, aliran fluida, pelumasan, dan hukum-hukum dasar yang berlaku.

### **BAB III METODOLOGI**

*Membahas tentang* metode pengujian, persiapan alat penopang di waktu pengujian, cara pengujian, sampai memperoleh data

### **BAB IV HASIL DAN ANALISA**

*Membahas tentang hasil pengujian* yang telah dilakukan dengan alat viscometer dan serta menjelaskan hasil analisa minyak pelumas tersebut

### **BAB V PENUTUP**

*Membahas tentang* kesimpulan dari hasil analisis dan saran-saran penulis dalam penyusunan tugas akhir.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

Problem besar yang dihadapi dalam perencanaan Elemen Mesin adalah bagaimana menjaga atau menghindari kehilangan daya atau energi selama terjadinya gesekan antara elemen-elemen mesin yang saling bergerak satu terhadap yang lainnya. Secara estimasi berdasarkan pengujian, kehilangan daya akibat gesekan dapat mencapai sepertiga sampai setengah dari produk daya yang dihasilkan.

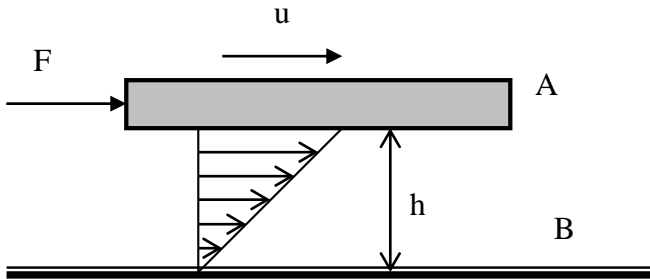
Gesekan merupakan gaya perlawanan yang terjadi akibat adanya dua permukaan yang berhubungan, saling bergerak secara relative antara satu dengan lainnya. Sedangkan pelumasan adalah cara yang harus dilakukan untuk mengurangi gaya gesek yang akibat adanya dua permukaan yang saling berhubungan tersebut.

Pelumasan juga diperlukan untuk menjaga / memelihara : tingkat keausan, timbulnya panas, timbulnya pemuatan, kebersihan, sebagai pendingin dan sebagainya. Yang sangat penting tentang pelumasan adalah mendapatkan ketebalan tertentu (ketebalan minimal dari lapisan pelumas yang diperlukan), disamping itu juga harus diperhatikan viskositas minyak pelumasnya.

#### **2.1. Karakteristik Pelumas**

##### **2.1.1. Viskositas Pelumas dan Unit Viskositas**

Dalam pembahasan tentang teori dan system pelumasan, salah satu hal yang perlu diperhatikan adalah adanya efek dari dalam minyak pelumas itu sendiri yang disebut viskositas yang dapat didefinisikan sebagai : "*effect of the internal resistance of fluid lubrication*".



Gambar 2.1. Teori viskositas pada suatu fluida (Deutschman, 1995 : 409)

Untuk menerangkan hal ini dilakukan dengan analisis yang menggunakan suatu cairan minyak pelumas yang ditempatkan diantara dua bidang A dan B. Bidang A didorong dengan gaya  $F$  sehingga bidang A bergerak dengan kecepatan  $u$ , bidang A tidak slip terhadap minyak pelumasnya, tetapi lapisan pelumas yang menempel pada bidang B ikut bergerak dengan kecepatan yang sama ( $u$ ), sedangkan lapisan minyak pelumas yang menempel pada bidang B mempunyai kecepatan nol. Akibat gerakan-gerakan pada bagian pelumasnya, maka terjadilah gesekan-gesekan diantara molekul-molekul minyak pelumas.

Sesuai dengan Hukum Newton, tegangan geser ( $\tau$ ) berbanding lurus dengan viskositas ( $\mu$ ) dan perubahan kecepatan ( $du$ ), secara matematis dapat ditulis : (Deutschman, 1995 : 410)

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \quad \text{dan} \quad \frac{du}{dy} = \frac{U}{h} \quad (2-1)$$

$$\tau = \frac{F}{A}$$

dimana  $A$  = luas penampang bidang A, sehingga :

$$\frac{F}{A} = \mu \frac{U}{h} \quad \text{atau} \quad F = \mu \frac{A \cdot U}{h}$$

$$\mu = \frac{F.h}{A.U} \quad (2-2)$$

dimana : h = tebal lapisan minyak pelumas

Untuk menentukan unit atau satuan viskositas dapat menggunakan persamaan (2-2).

1. Satuan British (English System)

$$\mu = \frac{F.h}{A.U} = \frac{(lbf).(in)}{(in)^2 \cdot \left(\frac{in}{sec}\right)} = \frac{lbf \cdot sec}{in^2} = reyn$$

2. Sistem Internasional (International System)

$$\mu = \frac{F.h}{A.U} = \frac{(dyne).(cm)}{(cm)^2 \cdot \left(\frac{cm}{sec}\right)} = \frac{dyne \cdot sec}{cm^2} = poise$$

$$\mu = \frac{F.h}{A.U} = \frac{(dyne).(cm)}{(cm)^2 \cdot \left(\frac{cm}{sec}\right)} = \frac{dyne \cdot sec}{cm^2} = poise$$

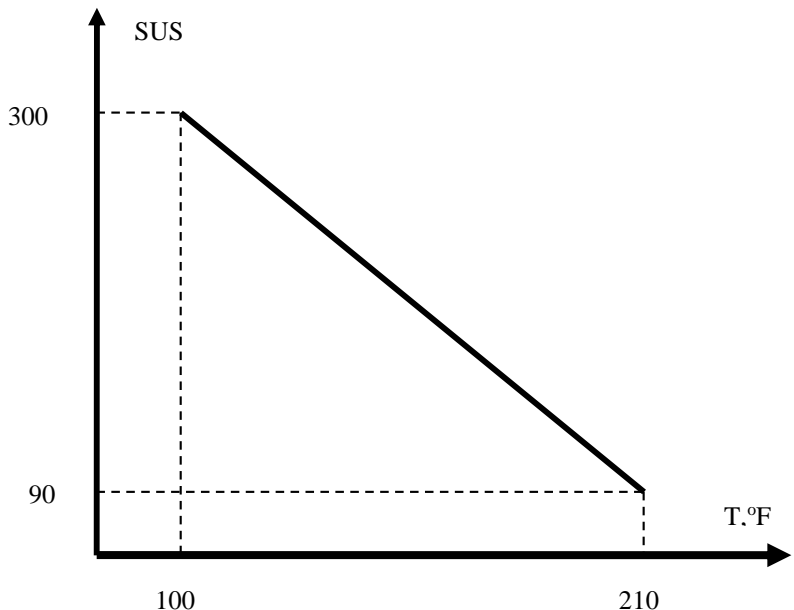
Satuan “reyn” biasa dikenal dengan satuan Reynold sesuai dengan nama penemunya. Demikian juga dengan ”poise”, satuan ini ditemukan oleh ahli Fisika Perancis yang bernama Poisenille. Konversi dari kedua satuan tersebut adalah :

$$1 \text{ reyn} = 6,9 \times 10^6 \text{ poise}$$

$$1 \text{ poise} = 100 \text{ cp atau (centi poise)}$$

Viskositas pada suatu minyak pelumas akan dapat menurun viskositasnya dengan terjadinya kenaikan temperatur, karena melemahnya ikatan molekul-molekul fluida. Viskositas dari minyak pelumas pun menjadi bervariasi dengan adanya perubahan temperatur. Oleh karena itu dalam kaitannya dengan berubahnya nilai viskositas, dikenal dengan istilah index viskositas yang bisa digunakan untuk mengetahui apakah minyak pelumas tersebut mudah atau tidak dipengaruhi oleh temperatur.

Kenaikan suhu atau penurunan tekanan akan berakibat melemahkan ikatan molekul *fluida* serta menurunkan *viskositasnya*. *Viskositas* dari semua jenis cairan akan menurun dengan naiknya suhu. Ini jelas terlihat pada minyak pelumas yang berasal dari minyak bumi, sebagai contoh dapat ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.2. Grafik Perubahan *viskositas* kinematik akibat kenaikan suhu dari suatu minyak pelumas.

Pada suhu 100 °F nilai viskositasnya 300 SUS, setelah temperaturnya naik menjadi 210 °F maka viskositasnya menurun menjadi 90 SUS.

### 2.1.2. Pengukuran Viskositas

Salah satu cara atau metode untuk mengukur dan menghitung viskositas minyak pelumas adalah dengan menggunakan peralatan yang disebut “ The Saybolt Universal Viscometer “. Hasil pengukuran dan perhitungan viskositas dengan alat ini, sampai sekarang menjadi standar unit dari viskositas pelumas dan dikenal dengan “Saybolt Universal Second” (SUS). Persamaan untuk menentukan viskositas dalam SUS ini adalah sebagai berikut : (Deutschman, 1995 : 414)

$$\mu = SG_t \left( 0,22.S - \frac{180}{S} \right)$$

(2-3)

$$SG_t = SG_{60} - 0,00035(t - 60) \quad (2-4)$$

dimana :  $\mu$  = viskositas absolut pada temperatur t°F dalam satuan centipoise (cp)

$SG_t$  = Specific Gravity pada temperatur t°F

$SG_{60}$  = Specific Gravity pada temperatur 60°F

S = SUS (Saybolt Universal Second).

t = temperatur minyak pelumas pada saat dilakukan pengetesan, °F

Disamping viskositas absolut (  $\mu$  ), juga dikenal viskositas kinematik (  $\nu$  ), merupakan viskositas absolut (  $\mu$  ) per satuan massa jenis (  $\rho$  ).



$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{\frac{\text{dyne} \cdot \text{sec}}{\text{cm}^2}}{\frac{\text{dyne} \cdot \text{sec}^2}{\text{cm}^4}} = \frac{\text{cm}^2}{\text{sec}} = \text{stokes} \quad (2-5)$$

### 2.1.3. Index Viskositas

Nilai viskositas sangat dipengaruhi oleh temperatur, untuk beberapa pelumas tipe gas dan udara nilai viskositasnya naik dengan adanya kenaikan temperature, sedangkan untuk pelumas cair atau fluida nilai viskositasnya turun dengan adanya kenaikan temperatur. Dengan mengetahui hal tersebut, maka untuk menjaga agar tidak terjadi penurunan viskositas yang terlalu besar, maka kenaikan temperatur yang terlalu besar harus dihindari.

Berkaitan dengan berubahnya nilai viskositas terhadap temperatur, maka dikenal adanya istilah “Index Viskositas” ( VI ) , yang menyatakan kepekaan viskositas terhadap perubahan temperatur. Persamaan untuk menghitung VI adalah sebagai berikut :

$$VI = \frac{L - U}{L - H} \times 100\% \quad (2-6)$$

dimana :

VI = Index viskositas, %

L = viskositas pelumas standar, yang mempunyai nilai VI = 0 % pada 100°F

H = viskositas pelumas standar, yang mempunyai nilai VI = 100 % pada 100°F

U = viskositas pelumas yang diukur VI - nya dengan dipanaskan 100°F

Arti nilai VI

VI = 100 %, berarti minyak pelumas yang mempunyai perubahan viskositas yang kecil dengan terjadinya kenaikan temperatur.

VI = 0 %, berarti minyak pelumas yang mempunyai perubahan viskositas yang besar dengan terjadinya kenaikan temperatur

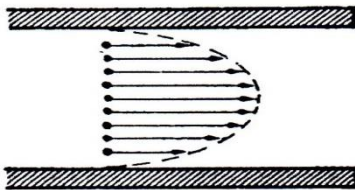
## 2.2. Macam-macam Aliran

### 2.2.1 Aliran Viscous dan Inviscid

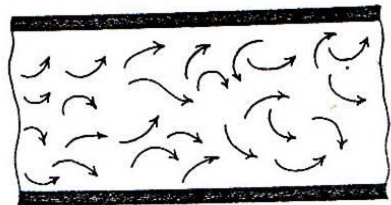
Aliran inviscid adalah aliran dimana *viskositas fluidanya* adalah nol, sedangkan untuk aliran viscous, kecepatannya tepat diatas suatu permukaan padat yang tidak bergerak adalah nol atau untuk *fluida* viscous tidak terjadi slip pada bidang tempatnya mengalir. (Fox, Robert W ; Mc Donald , 2010)

### 2.2.2 Aliran Laminer dan Turbulent

Aliran laminer atau aliran kental adalah aliran dimana struktur alirannya terdiri dari pada gerakan partikel-partikel *fluida* yang berlapis-lapis.



a. Aliran Laminer



b. Aliran Turbulen

Gambar 2.3. Aliran Laminer dan Turbulen

Aliran turbulent adalah aliran dimana struktur alirannya terdiri dari gerakan partikel-partikel *fluida* dalam wujud rondom, tambahan lagi partikel-partikel yang bergerak

tersebut saling mengisi pada badan aliran. (Fox, Robert W ; Mc Donald , 2010)

Pada aliran laminar tidak terjadi pencampuran *macroscopic* pada lapisan-lapisan yang saling berdekatan. Misalnya, bila suatu filamen zat warna diinjeksikan pada aliran laminar, maka filamen tersebut akan menjadi sebuah garis utuh, tetapi bila filamen tersebut diinjeksikan pada aliran turbulent, maka filamen zat warna tersebut akan pecah berserakan didalam aliran.

Untuk mengetahui apakah aliran tersebut laminar atau turbulent sangat dipengaruhi oleh property aliran itu sendiri misalnya kecepatan aliran, *density*, *viskositas*, diameter saluran maupun jarak aliran dari ujung sentuh permukaan. Untuk suatu aliran dalam pipa, laminar atau turbulentnya aliran ditentukan oleh angka reynold. (Fox, Robert W ; Mc Donald , 2010)

$$Re = \frac{\rho \cdot \bar{v} D}{\mu} \quad (2.7)$$

Dimana :

$$\rho = \text{Density} \left( \frac{kg}{m^3} \right)$$

$$D = \text{Diameter pipa} \ (m)$$

$$\bar{v} = \text{Kecepatan rata-rata aliran dalam pipa} \left( \frac{m}{sec} \right)$$

$$\mu = \text{Viskositas fluida} \left( N \cdot \frac{sec}{m^2} \right)$$

Bila :  $Re < 2300$  (aliran laminar)

$Re > 2300$  (aliran turbulent)

### 2.2.3. Aliran Incompressible dan Compressible

Aliran incompressible adalah aliran dimana variasi atau perubahan *density*nya sepanjang medan aliran adalah kecil atau relatif tidak berarti. Sedangkan aliran compressible adalah aliran dimana variasi *density*nya relatif besar.

## 2.3. Hukum-hukum Dasar yang Terkait.

Hukum-hukum dasar yang digunakan, hanya hukum dasar yang berkaitan dengan permasalahan yang terkait. Akan diuraikan secara singkat disini.

### 2.3.1. Dinamika Gerak Lurus

Hukum II Newton menyatakan percepatan suatu benda sebanding dengan resultan gaya yang bekerja dan berbanding terbalik dengan massanya.

Secara matematis

$$a = \frac{F}{m} \quad (2.8)$$

$$\sum F = m.a \quad (2.9)$$

Dimana :

$\sum F$  adalah jumlah (resultan) gaya yang bekerja.

$m$  adalah massa benda.

$a$  adalah percepatan yang ditimbulkan.

### 2.3.2. Gerak Lurus Beraturan (GLB) dan Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB)

Persamaan (GLB), untuk *viskometer* bola jatuh :

$$v = \frac{x}{t}, \quad (2.10)$$

Dimana :

$$v = \text{Kecepatan (konstan).} \left( \frac{m}{\text{sec}} \right)$$

$$x = \text{Jarak tempuh.} (m)$$

$$t = \text{Terhadap waktu (sec)}$$

Persamaan (GLBB) :

$$x = v_{ot} + \frac{1}{2}.at^2, \quad (2.11)$$

Dimana :

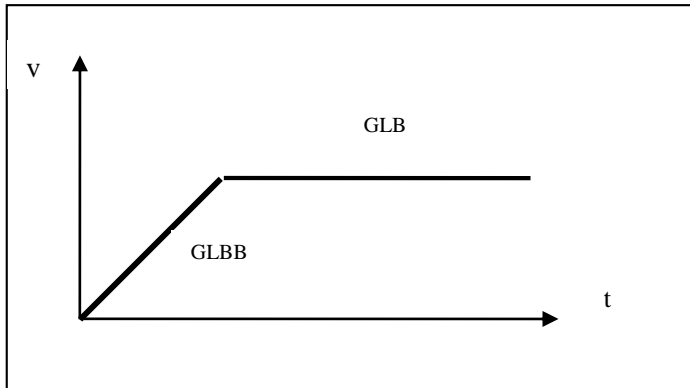
$$v_{ot} = (0)$$

a = Percepatannya konstan.

Sehingga Persamaan dapat ditulis :

$$x = \frac{1}{2}.at^2 \quad (2.12)$$

Hubungan untuk Persamaan (GLB) dan (GLBB) dapat dilihat pada Kurva Berikut ini :



Gambar 2.4. Kurva hubungan antara  $v$  dengan  $t$  untuk : GLB dan GLBB

### 2.3.3. Berat

Berat suatu benda adalah resultan gaya gravitasi pada benda itu akibat semua benda-benda di alam semesta ini. Dengan menggunakan definisi di atas dan menggunakan hukum II Newton dimana  $a = g$ , diperoleh :

$$W = m \cdot g \quad (2.13)$$

Dimana :

$$W = \text{Gaya berat} \left( kg \frac{m}{\text{sec}^2} \right)$$

$$m = \text{massa} (kg)$$

$$g = \text{Gaya gravitasi} \left( \frac{m}{\text{sec}^2} \right)$$

karena berat, ( $W$ ) tergantung pada ( $g$ ) maka berat suatu benda tergantung pada letak dimana benda itu berada.

### 2.3.4. Kecepatan dan Percepatan

Kecepatan adalah laju perubahan letak benda. Untuk menyatakan laju perubahan letak benda ini dipergunakan dua pengertian yaitu kecepatan rata-rata dan kecepatan sesaat.

Secara sistematis ditulis :

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} \quad (2.14)$$

Atau,

$$v(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (2.15)$$

Percepatan adalah Laju perubahan kecepatan dengan waktu, seperti halnya sama dengan kecepatan dipergunakan dua pengertian yaitu percepatan rata-rata atau percepatan sesaat

$$\bar{a} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (2.16)$$

$$a(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt} \quad (2.17)$$

### 2.3.5. Prinsip Archimedes

Untuk gaya apung yang terjadi menurut prinsip Archimedes yang berbunyi Setiap benda yang terendam seluruhnya atau sebagian di dalam suatu *fluida* mendapat gaya apung berarah keatas, yang besarnya adalah sama dengan berat *fluida* yang dipindahkan oleh benda ini, sehingga dalam kaitannya dengan hukum “*Stokes*” adalah untuk *viskometer* bola jatuh: (Fox, Robert W ; Mc Donald , 2010)

$$F_a = \rho_{fluida} \cdot V_{bola} \cdot g \quad (2.18)$$

$$\text{Dimana : } F_a = \text{Gaya Apung pada bola} \left( kg \frac{m}{sec^2} \right)$$

$$\rho = \text{Massa jenis} \left( \frac{kg}{m^3} \right)$$

$$V = \text{Volume bola} \left( m^3 \right)$$

$$g = \text{Gaya gravitasi.} \left( \frac{m}{sec^2} \right)$$

### 2.3.6. Hukum Stokes

Dalam hukum stokes menyatakan bagaimana pengaruh *fluida* kental terhadap benda yang bergerak didalamnya, selain itu juga menyatakan bila bola bergerak didalam zat cair yang diam dimana zat cair tersebut mempunyai kekentalan maka akan terjadi gaya hambat tersebut. Berdasarkan hokum stokes dengan mengamati jatuhnya benda melalui medium zat cair yang mempunyai gaya gesek yang makin besar bila kecepatan benda jatuh makin besar.

Pada kecepatan konstan, gaya gesek ( $F_r$ ) yang terjadi diberi hubungan : (Fox, Robert W ; Mc Donald , 2010)

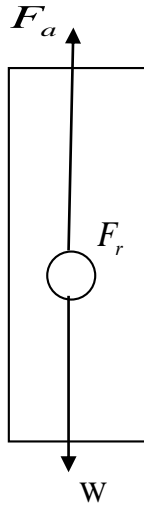


$$F_r = 6\pi\mu.rv \quad (2.19)$$

Dengan menggunakan hukum stokes kita akan mencari koefisien *viskositas* dari suatu *fluida* atau pelumas. Didalam *fluida* kental selain terjadi gaya stokes ( $F_r$ ), juga mengalami gaya apung ( $F_a$ ), dan berat (W).

$$W = m.g \text{ , dan} \quad (2.20)$$

$$F_a = \rho_{fluida} \cdot V_{bola} \cdot g \quad (2.21)$$



Gambar 2.5. Bola jatuh di dalam *fluida*.

Dalam Stokes untuk bola jatuh ke bawah :

$$F_r = W - F_a \quad (2.22)$$

Dari persamaan – persamaan tersebut di atas, maka dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$6.\pi\mu.rv = m.g - \rho_{fluida}.V.g \quad (2.23)$$

Dimana Volume bola =  $\frac{4}{3}.\pi.r^3$  disubstitusikan ke persamaan di atas menjadi :

$$6.\pi\mu.rv = \rho.\frac{4}{3}.\pi.r^3.g - \rho_{fluida}.\frac{4}{3}.\pi.r^3.g \quad (2.24)$$

Dengan mengumpulkan variabel  $\frac{4}{3}.\pi.r^3.g$  didapat :

$$6.\pi\mu.rv = (\rho_{bola} - \rho_{cairan}).\frac{4}{3}.\pi.r^3.g \quad (2.25)$$

Dari persamaan diatas , didapat rumus untuk mencari koefisien *viskositas*.

$$\mu = \frac{\frac{4}{3}.\pi.r^3.g.(\rho_{bola} - \rho_{fluida})}{6.\pi.r.v} \quad (2.26)$$

Disederhanakan menjadi

$$\mu = \frac{2.r^2 \cdot g \cdot (\rho_{bola} - \rho_{fluida})}{9.v} \quad (2.27)$$

Dimana kecepatan konstan  $v = \frac{x}{t}$ , kemudian disubstitusikan menjadi

$$\mu = \frac{2.r^2 \cdot g \cdot (\rho_{bola} - \rho_{fluida})}{9 \cdot \frac{x}{t}} \quad (2.28)$$

Atau,

$$\mu = \left\{ \frac{2.r^2 \cdot g \cdot (\rho_{bola} - \rho_{fluida})}{9.x} \right\} t \quad (2.29)$$

Dari rumus yang didapat diatas hasilnya kurang benar, maka dari itu digunakan  $f$  (*correction factor*) yaitu pengaruh rasio diameter bola dan diameter tabung. Rumus empirisnya (Gwidon W. , 2005 : 30) :

$$f = 1 - 2,104 \cdot \left( \frac{d}{D} \right) + 2,09 \left( \frac{d}{D} \right)^3 - 0,9 \left( \frac{d}{D} \right)^5 \quad (2.30)$$

Sehingga menjadi :

$$\mu = \left\{ \frac{2.r^2 . g . (\rho_{bola} - \rho_{fluida}) . f}{9.x} \right\} . t \quad (2.31)$$

Jadi dengan menggunakan dalil *stokes* untuk mendapatkan nilai koefisien *viskositas* dari suatu *fluida* atau pelumas untuk bola jatuh dapat dihitung dengan rumus (Gwidon W. , 2005 : 30) :

$$\mu = \left\{ \frac{2.r^2 . g . (\rho_{bola} - \rho_{fluida}) . f}{9.x} \right\} . t$$

Dimana :  $\mu$  = Koefisien *viskositas*.

r = Jari-jari bola (*m*)

g = Gaya gravitasi  $\left( \frac{m}{sec^2} \right)$

f = *Correction factor*.

$\rho_{bola}$  = Massa jenis bola  $\left( \frac{kg}{m^3} \right)$

$\rho_{fluida}$  = Massa jenis *fluida*  $\left( \frac{kg}{m^3} \right)$

x = Panjang aliran terhadap waktu (*m*)

t = Waktu mengalir melalui pipa (*sec*)

## 2.4. Macam-macam Cara Kerja *Viscometer*

*Viscometer* merupakan suatu cara untuk mengukur *viskositas* suatu pelumasan atau fluida, ada beberapa cara untuk mengukur *viskositas* antara lain :

- Momen yang diperlukan untuk memutar silinder atau piringan yang berada dalam *liquid* pada kecepatan tertentu. Alat ini biasanya disebut *Viscometer* Rotasi .
- Waktu yang diperlukan untuk mengalir oleh *liquid* atau cairan dalam jumlah tertentu yang disebabkan dorongan gravitasi dalam melewati suatu pipa kapiler .
- Waktu yang diperlukan dari sebuah bola yang di jatuhkan yang berada didalam *liquid*. Alat ini biasanya disebut metode *Viscometer* Bola jatuh .

Oleh karena itu sangat besar pengaruh suhu pada viskositas minyak pelumas, maka untuk ketepatannya pengukuran viskotitas dilakukan pada suhu tertentu . Setelah unit sistem international merupakan sistem unit yang dipakai bersama bagi semua negara, maka pengukuran viskositas minyak pelumasan dilakukan pada 40 °C dan 100 °C.

## 2.5. Pelumasan

Pelumas didefinisikan sebagai zat yang berada atau disisipkan diantara dua permukaan yang saling bergerak relatif untuk mengurangi gesekan antar permukaan tersebut. Pelumas tidak hanya dibedakan berdasarkan bahan bakar yang digunakan, tetapi juga berdasarkan pada fungsi yang diharapkan dari pelumas tersebut.

### **2.5.1. Penggunaan Minyak Pelumas pada Motor Bensin**

Ditinjau dari kegunaan pelumasan di dalam kendaraan bermesin bensin ini ada empat tugas pokok dari minyak pelumas yang harus dihadapi. Tugas-tugas tersebut antara lain :

1. Sebagai pelumas mesin.
2. Berperan sebagai perambat panas.
3. Sebagai penyekat.
4. Menjaga agar mesin tetap bersih.

Seperti telah diketahui bagaimanapun juga unjuk kerja minyak pelumas sangat tergantung pada *viskositasnya*, disamping kemampuannya membentuk lapisan film untuk dapat bertahan terhadap kondisi suhu dan tekanan yang tinggi.

Dengan tingkat kekentalan yang disesuaikan dengan volume maupun kebutuhan mesin. Maka semakin kental oli, tingkat kebocoran akan semakin kecil, namun di sisi lain mengakibatkan bertambahnya beban kerja bagi pompa oli. Oleh karena itu , peruntukan bagi mesin kendaraan baru direkomendasikan untuk menggunakan oli dengan tingkat kekentalan SAE 10w sebab seluruh komponen mesin baru memiliki celah dinding yang sangat kecil, sehingga akan sulit dimasuki oleh oli yang memiliki kekentalan tinggi

Tingkat kekentalan oli disebut Viscosity Grade, yaitu ukuran kekentalan dan kemampuan oli untuk mengalir pada tempratur tertentu menjadi prioritas terpenting dalam memilih oli. Kode pengenalan oli adalah berupa huruf SAE ( Society of Automotive Engineers). Angka yang mengikuti di belakangnya, menunjukkan tingkat kekentalan oli tersebut. Misalnya oli yang bertuliskan SAE 10W-30, berarti oli tersebut memiliki tingkat kekentalan SAE 10 untuk kondisi suhu dingin dan SAE 30 pada kondisi suhu panas. (Wijaya, R. Indra, 2005).

Semakin besar angka yang mengikuti kode oli menandakan semakin kentalnya oli tersebut. Sedangkan huruf W yang terdapat di belakang angka awal, merupakan singkatan dari winter. Dengan kondisi seperti ini, oli akan memberikan perlindungan optimal saat mesin start pada kondisi ekstrim sekalipun. Sementara itu dalam kondisi panas normal, idealnya oli akan bekerja pada kisaran angka kekentalan 30 menurut standar SAE

### 2.5.2. Beberapa sifat penting Minyak Pelumas

Beberapa sifat minyak pelumas yang perlu diperhatikan jika diinginkan minyak pelumas memenuhi fungsinya, Khusus pada motor bensin.

1. **Kekentalan.** Kekentalan minyak pelumas harus sesuai dengan fungsi minyak itu untuk mencegah keausan permukaan yang bergesekan, terutama pada beban yang besar dan pada putaran rendah. Minyak pelumas yang terlalu kental sulit mengalir melalui salurannya, disamping menyebabkan kerugian daya mesin yang terlalu besar.
2. **Titik tuang.** Pada temperatur tertentu, yang disebut titik tuang, minyak pelumas akan membentuk jaringan kristal yang menyebabkan minyak itu sukar mengalir.
3. **Kelumasan.** Minyak pelumas harus memiliki sifat melumasi yang cukup baik, yaitu dapat membasahi permukaan logam. Hal ini berarti dalam segala keadaan selalu akan terdapat lapisan minyak pelumas pada permukaan bagian mesin yang bersentuhan.
4. **Stabilitas.** Beberapa minyak pelumas pada temperatur tinggi akan berubah susunan kimianya sehingga terjadilah endapan yang menyebabkan cincin torak melekat pada alurnya
5. **Indeks kekentalan.** Kekentalan minyak pelumas berubah-ubah menurut perubahan temperatur. Dengan sendirinya minyak pelumas yang baik tidak terlalu peka terhadap perubahan temperatur, sehingga dapat berfungsi

sebagaimana mestinya, baik dalam keadaan dingin, pada waktu mesin mulai berputar (*start*) maupun pada temperatur kerja. (Wartawan, Anton L. 1983)

### 2.5.3. Cara – cara Pelumasan

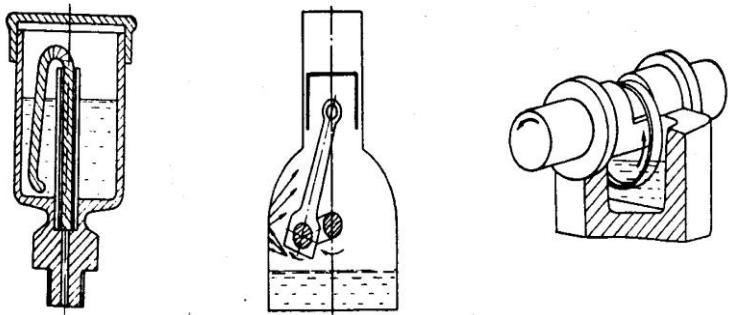
Sistem pelumasan yang biasa dipergunakan pada motor bensin adalah sistem penekanan penuh yaitu minyak pelumas harus dapat mencapai seluruh bagian yang hendak dilumasi serta harus dapat memenuhi tugasnya dengan baik, secara umum sistem pelumasan yang dipakai bergantung pada konstruksi mesin dan kebutuhan akan pelumasan. Secara garis besar pelumasan dapat dikelompokkan menjadi :

#### 1. Pelumasan Tangan

Untuk beban ringan, kecepatan rendah, atau kerja yang tidak terus menerus. Kejelekan cara ini adalah aliran minyak pelumas tidak tetap dan pelumasan menjadi tidak teratur.

#### 2. Pelumasan Tetes

Untuk beban ringan dan sedang. Pelumasan dilakukan dari sebuah tempat (kaleng) , minyak pelumas ditetaskan dalam jumlah yang tetap dan teratur melalui sebuah katup jarum.



Gambar 2.6. Cara pelumasan : Sumbu, Percik dan Cincin



### **3. Pelumasan Sumbu**

Cara ini menggunakan sebuah sumbu yang dicelupkan dalam mangkok minyak, sehingga minyak terisap oleh sumbu tersebut. Pelumasan ini dipakai seperti pelumasan tetes.

### **4. Pelumasan Percik**

Dari suatu bak-penampung, minyak pelumas dipercikkan, cara ini dipergunakan untuk melumasi torak dan silinder motor bakar torak.

### **5. Pelumasan Cincin**

Pelumasan ini menggunakan cincin yang digantungkan pada poros, sehingga cincin berputar bersama poroas sambil mengangkat minyak pelumas dari bawah. Cara ini dipakai untuk beban sedang.

### **6. Pelumasan Pompa**

Pompa dipergunakan untuk mengalirkan minyak ke dalam bearing. Cara ini dipakai untuk melumasi bearing yang sulit letaknya seperti bearing utama motor yang berputar tinggi. Cara pelumasan ini cocok untuk beban besar dengan kecepatan tinggi.

### **7. Pelumasan Gravitasi**

Sebuah tangki diletakkan di atas bearing, minyak dialirkan oleh gaya gravitasi. Cara ini dipakai untuk kecepatan sedang dan tinggi dengan kecepatan keliling sebesar 10 – 15 m/s.

### **8. Pelumasan Celup**

Sebagian dari bantalan dicelupkan dalam minyak. Cara ini cocok untuk bearing dengan poros tegak, seperti pada turbin air. Pada kasus ini perlu diberikan perhatian pada besarnya daya gesekan karena tahanan minyak, kenaikan temperatur dan kemungkinan masuknya kotoran atau benda asing. (Sularso, Kiyokatsu Suga, 2002)

## **2.5.4 Jenis – Jenis Minyak Pelumas**

Oli menurut jenisnya beredar dipasaran ada tiga macam yaitu:

### **1. Oli Mineral**

Oli mineral merupakan oli yang terbuat dari minyak mentah ( crude oil ) yang diambil dari minyak bumi yang telah diolah dan penambahan zat aditif sekitar 10 – Universitas Sumatera Utara 20 % untuk meningkatkan kemampuan dan fungsinya. Ukuran molekul oli mineral sangat berbeda – beda sehingga menjadikan oli ini banyak mengandung kotoran. Akibatnya daya tahan terhadap panas, oksidasi, gesekan lebih pendek dibandingkan oli sintetik.

### **2. Oli Sintetik**

Oli sintetik merupakan oli yang dibuat dari unsur – unsur kimia sintetik seperti poly alpha olefin yang datang dari bagian terbersih dari pemilahan dari oli mineral, yakni gas, poly ester, poly organo ester baik dari bahan dasarnya maupun bahan aditifnya. Oli ini dibuat dilaboratorium sehingga ukuran molekulnya dapat dibuat sama. Oleh sebab itu daya tahannya lebih lama. Oli sintetik cenderung tidak mengandung bahan karbon reaktif, senyawa yang sangat tidak bagus untuk oli, karena cenderung bergabung dengan oksigen sehingga menghasilkan acid (asam). Pada dasarnya, oli sintetik didesain untuk menghasilkan kinerja yang lebih efektif dibandingkan dengan oli mineral.

### **3. Oli Sintetik Penuh**

Oli sintetis penuh (full synthetic oil) mengandung 100% bahan aditif, yaitu minyak dasar bahan kimia yang bukan dihasilkan dari penyulingan minyak bumi. Oli sintetik biasanya digunakan untuk mesin berteknologi canggih (turbo, supercharger, dohc, etc.) juga yang membutuhkan pelumasan yang lebih baik (racing) dimana celah antar part atau logam lebih kecil/sempit/presisi, dimana hanya oli sintetik yang

mampu melapisi dan mengalir sempurna. Oli sintetik tidak disarankan untuk mesin lama, dimana celah antar part biasanya sangat besar renggang, sehingga apabila menggunakan oli sintetik biasanya menjadi lebih boros karena oli ikut masuk keruang pembakaran dan ikut terbakar sehingga oli cepat habis dan knalpot berasap.

#### **2.5.5. Pengaruh Suhu terhadap *Viskositas* Minyak Pelumas**

Pengujian minyak pelumas dilakukan pada temperatur  $40^{\circ}C$  dan  $100^{\circ}C$ . Pada umumnya pengaruh suhu terhadap perubahan nilai *viskositas* sangatlah besar, dikarenakan melemahnya ikatan-ikatan molekul pada minyak pelumas itu sendiri, ketika suhunya naik, ikatan-ikatan molekul melemah sehingga viskositasnya turun. viskositas suatu fluida terjadi karena adanya gaya kohesi (gaya tarik menarik antara molekul)

Pengaruh suhu juga terjadi didalam mesin sepeda motor ketika dijalankan karena adanya gesekan yang besar pada konstruksi mesinnya yang berakibat menimbulkan panas yang tinggi dan berpengaruh terhadap perubahan *viskositas* minyak pelumas yang dipakai. Sehingga viskositas minyak pelumas turun.

#### **2.5.6. Pengaruh Jarak Tempuh Terhadap *Viskositas* minyak Pelumas**

Dengan bekerjanya mesin sepeda motor menyebabkan terjadinya gesekan secara terus menerus di dalam mesin. Hal ini mengakibatkan molekul minyak pelumas menjadi terkisis. Sehingga dengan bertambahnya jarak tempuk terkikisnya molekul pelumas semakin banyak dan membuat molekul pelumas tidak lagi dalam keadaan baik yang mengakibatkan melemahnya gaya kohesi pada minyak pelumas, sehingga viskositas akan semakin menurun dengan bertambahnya jarak tempuh. Dengan tercampurnya bahan bakar ke dalam bak oli juga mengakibatkan viskositas minyak pelumas menurun.

### **2.5.7. Parameter Utama Analisa Pelumas**

Menganalisa pelumas secara langsung di lapangan (onsite) terbatas hanya pada beberapa parameter. Tetapi parameter-parameter tersebut sudah dapat memberikan data yang akurat tentang kondisi pelumas dan kelayakannya untuk penggunaan lebih lanjut. Beberapa informasi penting tentang kondisi mesin dapat juga di peroleh, tetapi tidak selengkap analisa pelumas dengan spectrometric yang umumnya ada di laboratorium.

Beberapa parameter umum dari pelumas yang di uji secara langsung di lapangan (onsite) adalah:

1. Kekentalan (viscosity)
2. Kandungan air (water content)
3. Kandungan garam (salt content)
4. Polutan padat terlarut (insolubles)
5. Total Nilai Basa (TBN)
6. Total Nilai Asam (TAN)

### **2.5.8 Viskositas**

Viskositas adalah sifat dasar terpenting dari pelumas. Pelumas dengan kekentalan yang sesuai membentuk lapisan film yang kuat pada celah bantalan, meminimalkan gesekan serta kebocoran. Standar kekentalan SAE 15W/40, angka pertama adalah nilai viskositas dalam satuan centiPois (cP). Kode angka multi grade seperti 15W/40, yang dapat di artikan bahwa pelumas memiliki tingkat kekentalan sama dengan SAE 15 pada suhu udara dingin (W = Winter) dan SAE 40 pada suhu panas. Pelumas hidrolik, turbin, roda gigi mengacu pada standar kekentalan ISO (ISO VG). Kekentalan pelumas mesin dapat menurun akibat kontaminasi bahan bakar ringan dan rusaknya aditif polymer. Kekentalan dapat bertambah yang di akibatkan polutan jelaga atau di akibatkan kurang

maksimalnya proses kerja filtrasi dan separasi. Proses penuaan pelumas sebagai akibat oksidasi dan pengaruh panas, juga menjadikan pelumas lebih kental. Kekentalan pelumas selalu di ukur dalam dua standar suhu, 40°C dan 100°C (ASTM D 445).

#### **2.5.9. Kontaminan Air**

Kontaminasi air dapat menimbulkan banyak permasalahan di berbagai aplikasi pelumasan, masalah korosi sangat erat kaitannya dengan polutan air. Dalam aplikasi pelumasan apa pun, polutan air dapat “mengantikan” atau mengurangi ketebalan lapisan pelumas, dan dapat pula menjadi katalis dari fasa penurunan kualitas pelumas. Hal ini merupakan masalah khusus yang di temui pada jenis pelumas sintesis berbahan dasar ester (banyak di pakai sebagai pelumas turbin) dimana sangat mudah bereaksi dengan setiap jenis polutan air. Kontaminasi air dalam bentuk emulsi dapat menaikkan kekentalan pelumas. Sering kali mengganggu kesetabilan dan merusak zat aditif pelumas. Permasalahan mulai timbul secara tersembunyi atau nyata terlihat pada semua sistim pelumasan dengan tingkat kontaminasi air selitar 0.2%, beberapa sistim pelumasan sangat sensitive terhadap kontaminasi air.

Air adalah polutan berbahaya di berbagai aplikasi pelumasan, penyebab berbagai kerusakan serius dan mahal. Kontaminasi air pada tangki pelumas menimbulkan tumbuhnya microbiologi, timbulnya ragi, jamur serta bakteri yang akan menyumbat filter dan juga sangat korosif pada sistim bahan bakar mesin. Pada aplikasi pelumasan beban tinggi, terutama bila lapisan film pelumas sangat tipis (pelumasan roda gigi), kontaminasi air menyebabkan berkurang atau bahkan menghilangkan lapisan film pelumas. Bentuk lain kerusakan akibat air adalah timbulnya karat yang menyebar sepanjang jalur pelumas mengalir.

Terdapat banyak sumber potential masuknya air dalam sistim pelumasan:

- a) Kebocoran air dari sistim pendinginan dan pemanas dengan media uap.
- b) Kondensasi pada tangki mau pun crankcase.
- c) Blow-by dari ruang bakar mesin.
- d) Kebocoran pada pipa pernafasan tangki .
- e) Kebocoran air pendingin jaket silinder akibat seal mesin yang aus.
- f) Pencemaran saat proses penambahan pelumas.

Bahaya kontaminasi air:

- a) Menimbulkan karat pada semua komponen logam.
- b) Menimbulkan kerusakan pada bantalan (bearing).
- c) Merusak zat aditif pada pelumas.
- d) Membentuk emulsi, air+pelumas.
- e) Menimbulkan uap bertekanan pada sistim pelumasan penyebab kavitasi.

#### **2.5.10 Kontaminasi Garam (Salt)**

Polutan garam mengindikasikan kontaminasi air laut yang sangat korosif di banding air biasa. Garam akan teroksidasi dan tertinggal pada jalur pelumasan saat bereaksi dengan panas mesin. Hal ini dapat menimbulkan kerusakan mesin dan sebagai katalis proses tumbuhnya karat dan keasaman di dalam sistim pelumasan. Garam bereaksi dengan lapisan timah pada bantalan dan membentuk serbuk timah yang keras yang akan menggores permukaan poros dan bantalan itu sendiri. Bila bercampur dengan gas dan polutan lain hasil proses pembakaran BBM berat, potensi kerusakan korosi, erosi, dan penyempitan jalur pelumasan mesin. Batas maksimal untuk garam adalah 50 ppm, sebaiknya 0 ppm.

#### **2.5.11. Polutan Padat Terlarut**

Pengujian ini hanya berlaku pada jenis pelumas mesin diesel, dimana tingkat kontaminasi yang tinggi di dibandingkan berbagai aplikasi dan sistim pelumasan lainnya. Terdapat pengecualian pada sejumlah aplikasi turbin gas di bidang

aviasi, lazim di kenal sebagai masalah “black oil” Laboratorium mengukur jumlah polutan padat terlarut (insolubles) dengan standar ASTM D893, ini merupakan acuan praktisi industry dalam standar uji dan pengukuran.

Pengukuran insolubles dapat pula termasuk total insolubles dengan acuan IP316 yang menggunakan pelarut jenis heptane dan memiliki korelasi hasil pengukuran yang baik dengan standar ASTM D893. Pengujian lain seperti IC Photometer, memberikan indikasi karbon konten, keausan logam, abu bahan bakar yang bersifat logam dan kotoran pada udara.

Kemampuan aditif dispersan dan deterjen dari pelumas akan terpengaruh dan berkurang. Hal ini mempercepat kecendrungan timbulnya penumpukan kotoran di daerah sekitar torak bagian atas serta bagian-bagian ring piston. Tingginya tingkat insolubles akan menaikkan keausan dan gesekan pada komponen mesin. Hal ini dapat pula terindikasi dengan naiknya jumlah konsumsi pelumas yang sangat sering di temui pada mesin-mesin dengan kondisi buruk.

#### **2.5.12 Total Base Number**

Pengujian ini berhubungan erat dengan aplikasi pelumas mesin diesel dan tidak relevan pada aplikasi pelumas roda gigi, hidrolik dan turbin. Aditif basa pada pelumas berfungsi menetralkan kondisi asam yang terjadi hasil proses pembakaran (utamanya asam surfuric dan nitrit), asam organic dari hasil oksidasi pelumas dalam proses penuaan. Total nilai basa (TBN) pelumas menunjukkan kemampuan pelumas dalam menetralkan kondisi keasaman pada mesin. Pemilihan nilai basa pelumas untuk suatu mesin di sesuaikan dengan pertimbangan jenis bahan bakar yang di pakai, kandungan sulfur, dan design mesin itu sendiri. Penurunan nilai basa pelumas bekas-pakai dari hasil analisa pelumas, menunjukkan degradasi aditif basa terhadap polutan asam serta indikasi kelayakan penggunaan kembali pelumas

tersebut. Nilai basa (TBN) pada mesin diesel jenis trunk, akan bertendensi turun akibat polutan dari proses pembakaran. Tetapi nilai kesetabilan akan tercapai pada suatu titik dan terjaga dengan penambahan pelumas baru secara berkala. TBN pada bagian sistim pelumasan bearing mesin 2 langkah crosshead, dapat meningkat sebagai akibat kebocoran pelumas dengan TBN tinggi – umumnya dari kebocoran pelumas ruang bakar pada stuffing box, atau kesalahan dalam penambahan jenis pelumas.

Penurunan TBN pelumas sekitar 50% dari nilai awal mengindikasikan masa pakai pelumas mendekati periode penggantian. Indikasi lain yang juga dapat di jadikan acuan; minimum nilai basa pelumas adalah tujuh kali dari nilai sulfur bbm yang di pakai ( $TBN = 7 \times \text{Sulfur}$ ). Pada kondisi pelumas seperti di atas, para produsen pelumas sering kali menyarankan penggantian pelumas secara keseluruhan, atau sebagian lalu di tambahkan pelumas baru agar niai basa pelumas dalam batas yang aman. Rekomendasi ini juga sangat tergantung pada buku petunjuk masing-masing produsen mesin/peralatan yang di lumasi.  $TBN = 7 \times \text{Kadar Sulfur BBM}$ . Untuk mudahnya, pedoman pemilihan TBN pelumas adalah jenis bahan bakar yang di pakai dengan parameter utama adalah kadar sulfur, parameter lain adalah laju konsumsi pelumas dan kapasitas bak pelumas.

Turunnya TBN di sebabkan;

- a. Konsumsi pelumas yang rendah, berkaitan dengan jumlah top-up harian yang rendah pula
- b. Kapasitas tampung bak pelumas mesin yang kecil
- c. Penggunaan bbm dengan kadar sulfur tinggi.

TBN yang rendah pada pelumas bekas-pakai menunjukkan minimnya proteksi dari sisi pelumas terhadap resiko korosi pada bagian mesin; seputar mahkota piston bagian atas, ring piston, dan bantalan. Hal yang sama juga akan terjadi pada bagian mesin lainnya serta sistim pendinginan piston dengan media pelumas. TBN pada mesin berbahan bakar gas, sering kali menggunakan paket aditif



dengan abu yang rendah. Magnesium sering dipakai sebagai aditif dalam aplikasi otomotif dengan kecenderungan menggunakan garam kalsium. Pemilihan aditif jenis low ash juga di dasari resiko penyalaaan dini dari bahan bakar gas di dalam ruang bakar. TBN dalam aplikasi mesin BBG, dapat turun dengan cepat akibat kondisi kerja yang tinggi, terutama pada aplikasi landfill gas – dimana bahan bakar menjadi polutan utama pada pelumas.

#### **2.5.13. Total Acid Number**

Pelumas secara terus-menerus bereaksi dengan udara di atmosfer dengan membentuk oksidan organik yang bersifat asam. Dalam suhu ruangan, reaksi ini berjalan sangat lambat dan sedikit sekali berpengaruh pada pelumas. Pada suhu kerja yang lebih tinggi seperti di dalam mesin, laju reaksi berjalan sangat cepat. Pelumasan komponen mesin yang bergesekan adalah contoh nyata kondisi diatas, dimana suhu kerja sangat tinggi berbeda dengan bagian lain yang tidak bergesekan. Kondisi ini akan lebih buruk bila pelumas telah terkontaminasi dengan polutan padat, air, oksigen dan bahan bakar.

Polutan hasil oksidasi - asam organik seperti resin, tidak mudah bereaksi dengan aditif TBN. Resin meningkatkan kekentalan pelumas, melapisi bagian mesin, dan harus di hilangkan dengan teknologi penyaringan yang baik. Nilai asam kuat adalah ukuran kekuatan asam di dalam pelumas. Nilai asam kuat mengindikasikan nilai aditif alkalin pelumas mesin yang telah habis selain menunjukkan tingkat korosi di dalam mesin. Mengukur nilai asam kuat dalam pelumas sangatlah mudah tetapi kurang lazim digunakan sebagai acuan, lebih lazim mengamati tingkat perubahan TBN pada pelumas dari waktu ke waktu. Total nilai asam (TAN) adalah ukuran asam organik lemah dan kuat di dalam pelumas. TAN berlaku pada aplikasi pelumas roda gigi, turbin gas, dan hidrolik. Total nilai asam tidak berhubungan secara langsung dengan pelumasan mesin bakar, kecuali bila pelumas sangat tercemar. Pengecualian khusus pada aplikasi pelumasan

mesin berbahan bakar gas. Suhu kerja yang tinggi dapat menyebabkan TBN turun dengan cepat selain memproduksi asam organik dalam jumlah besar. Meningkatnya TAN secara umum berhubungan langsung dengan tingkat oksidasi pelumas akibat masa kerja dan suhu kerja.

Total nilai asam (TAN) tinggi mengakibatkan:

- a) Pembentukan lapisan kental yang terdiri dari varnish/resin.
- b) Meningkatkan kekentalan pelumas yang menurunkan efisiensi aliran/pompa.
- c) Resiko korosi mesin, terutama bila terdapat polutan air.

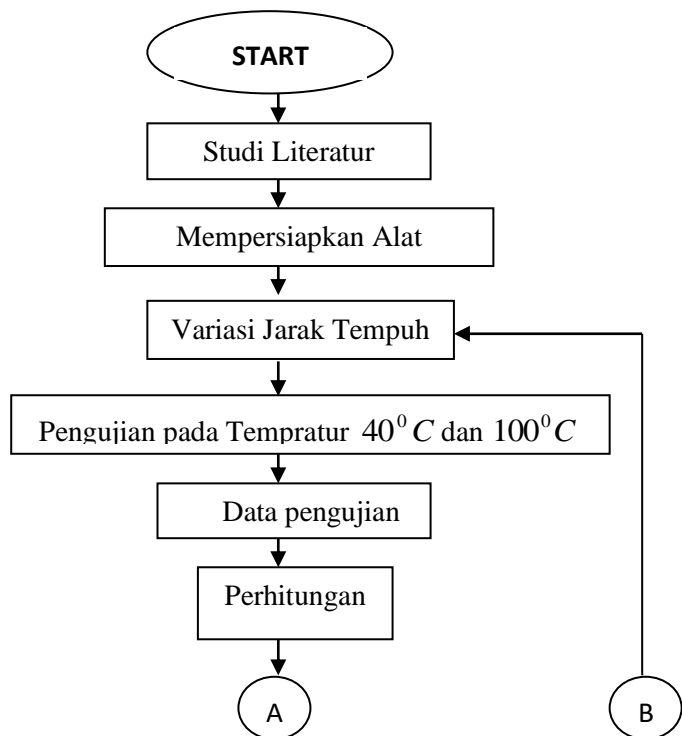
Suhu tinggi proses pembakaran mesin gas - terutama stoichiometric (1:1 air/fuel ratio) membuat TBN turun dengan cepat. Terlebih pada penggunaan gas landfill, pelumas hanya mampu bertahan sekitar 500 jam kerja. Pada aplikasi ini tingginya nilai asam (TAN) dan kekentalan adalah parameter penting pengindikasi masa kerja minyak pelumas. TAN akan naik secara perlahan pada aplikasi pelumas non-mesin bakar. Beberapa pelumas baru pada aplikasi non-mesin bakar, sudah memiliki nilai aditif asam yang akan naik atau turun setelah dipakai. Memonitor TAN sebaiknya secara tendensi perubahan nilai dari waktu ke waktu.

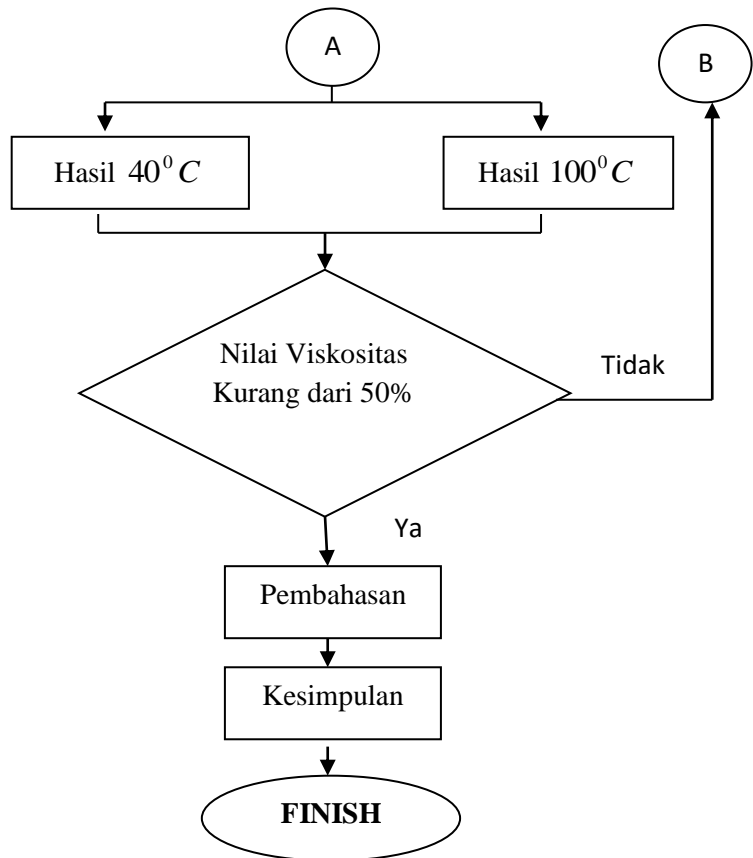
*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

### BAB III METODOLOGI

Pengujian ini menggunakan metode *Viskometer* bola jatuh dan *Viskometer* Kinematik Bath Kohler. Pada *Viskometer bola jatuh* jenis ini, suatu bola kaca dilepaskan dari atas (puncak) suatu fluida pada tabung secara vertikal yang berisi minyak pelumas yang dicari *viskositasnya*. Dimana dalam pengukuran ini waktu ( $t$ ) merupakan waktu yang diperlukan oleh suatu bola jatuh dari puncak tabung dengan panjang lintasan yang telah ditentukan, yang diukur dengan menggunakan alat pengukur waktu (*stopwacth*). Kemudian menghitung nilai koefisien *viskositasnya*.

#### 3.1. Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir





Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

### 3.2. Kerangka Pengujian

Kerangka pengujian ini merupakan langkah-langkah yang ditempuh secara berurutan dari awal hingga akhir pengujian. yang meliputi :

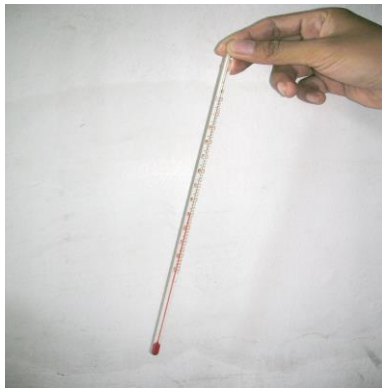
1. Tahap Persiapan
  - Studi pustaka untuk mendapat buku-buku dan literatur yang mendukung proses pengujian.

- Survey laboratorium untuk mendapatkan informasi mengenai alat tersebut dan meminta ijin dosen pembimbing laboratorium untuk peminjaman dan akses laboratorium selama pengujian.
  - Gambar sket, digunakan untuk perencanaan modifikasi.
2. Pengadaan komponen pendukung yang digunakan untuk proses pengujian.
  3. Perakitan alat sesuai dengan kebutuhan dalam proses penelitian pengujian.
  4. Mempersiapkan peralatan-peralatan yang digunakan untuk pengujian.

### 3.3. Alat – alat Pendukung

Untuk mempersiapkan percobaan ini maka terlebih dahulu mempersiapkan peralatan uji yang nantinya digunakan sebagai media pengambilan data, yang terdiri dari beberapa alat yaitu :

1. *Termometer* : Alat untuk mengukur suhu atau temperatur minyak pelumas



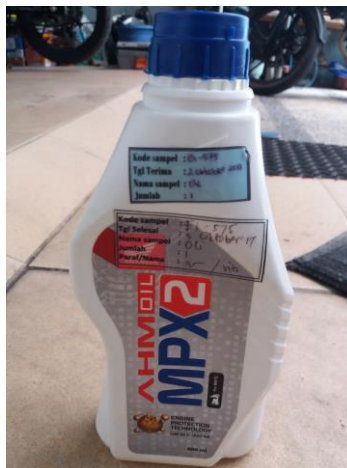
Gambar 3.2. Termometer air raksa

2. Gelas Ukur : Untuk mengukur volume minyak pelumas.



Gambar 3.3. Gelas Ukur

3. Minyak pelumas AHM MPX 2 SAE 10W 30: Minyak Pelumas yang akan diukur *viskositasnya*, data secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 7



Gambar 3.4. Minyak pelumas AHM MPX 2 SAE 10W 30

4. Kompor listrik : Sebagai alat sebagai pemanas minyak pelumas.



Gambar 3.5. Kompor Listrik

5. Timbangan digital elektrik : Timbangan untuk mengukur massa bola dan pelumas



Gambar 3.6. Timbangan digital elektrik



6. *Jangka sorong* : Alat untuk mengukur diameter bola kelereng.



Gambar 3.7. *Jangka Sorong*

7. *Viskometer bath kohler* : Alat untuk menguji nilai viskositas pelumas



3.8 Alat Pengujian Viskometer Kinematik

### 3.4. Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

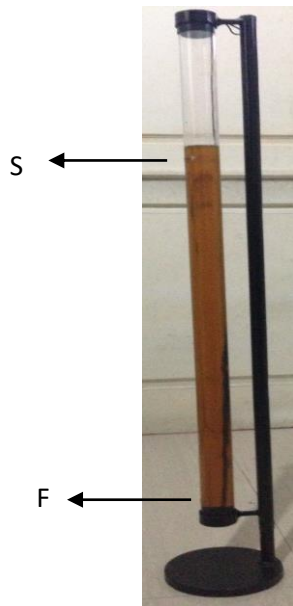
- Pertama mengukur diameter bola kaca dengan menggunakan *Jangka Sorong*.
- Menimbang bola kaca, untuk memperoleh massanya, dengan alat timbangan. Setelah diketahui massanya, kemudian akan dihitung massa jenis dari bola tersebut.
- Berikutnya, minyak pelumas (minyak pelumas baru 0,8 L) yang akan diuji *viskositasnya* dipanaskan terlebih dahulu pada temperatur 40 °C, dengan kompor listrik.



Gambar 3.9. Minyak pelumas yang dipanaskan dengan kompor listrik pada temperatur 40 °C

- Setelah dipanaskan pada temperatur 40°C, minyak pelumas tersebut ditimbang untuk mengetahui massa jenisnya.

- Kemudian minyak pelumas dimasukkan ke dalam pipa kaca, kemudian bola dijatuhkan dari puncak pipa, dimana dengan memperhatikan titik S (jarak antara puncak pipa sampai bola mencapai kecepatan terminal, 7 cm), bola dianggap mencapai kecepatan terminal, sampai titik F (titik yang telah ditentukan, yang terletak 3 cm dari dasar pipa), dicatat waktunya selama bola jatuh dari titik S sampai titik F, dengan menggunakan *stopwacth*.



3.10 Cara kerja *Viskometer* bola jatuh

- Setelah mendapatkan pengukuran waktu rata-rata untuk jatuhnya bola dari titik S sampai titik F, kemudian menghitung *viskositasnya* dengan rumus yang ada.
- Setelah semua pengujian terhadap minyak pelumas yang diukur *viskositasnya* pada temperatur 40°C selesai, kemudian minyak pelumas tersebut dipanaskan pada temperatur 100°C dengan prosedur pengujian sama dengan metode pengujian diatas. (Temperatur pengujian minyak pelumas berdasarkan ASTM D 445)
- Kemudian menghitung nilai *viskositas* kinematik pada temperatur 40°C dan 100°C.
- Nilai koefisien *viskositas* kinematik yang didapat dari hasil pengujian diatas pada kondisi 0 km (pelumas baru). Setelah itu minyak pelumas diujikan pada mesin sepeda motor 4 Tak (Honda Beat), yang kemudian akan diuji dan diukur kembali setelah pada jarak tempuh pemakaian 2.000 km, setelah itu per 250 km (sampai diketahui keadaan *viskositas* minyak pelumas dibawah 50%), saat itulah minyak pelumas tersebut sudah waktunya diganti. Menurut S.T.L.E. (*Society of Tribologists and Lubrication Engineers*), referensi *Tribology Data Handbook* .hal 929.

#### Prosedur Pengoperasian Alat Viskometer bath kohler

- Masukan sample yang akan di analisis ke dalam pipa viskometer
- Rangkaikan pipa ke dalam Viskometer bath
- Tekan power 'ON'
- Setting suhu yang akan digunakan

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB IV

### PENGUJIAN DAN PERHITUNGAN

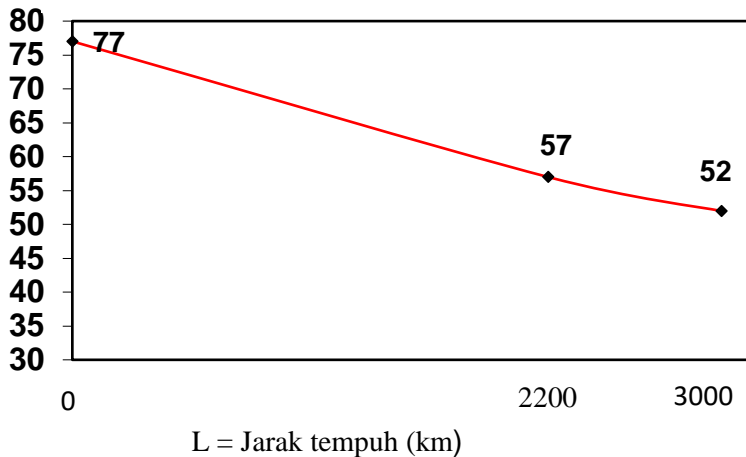
#### 4.1 Hasil Pengujian

Sebernarnya besarnya viskositas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.31 dengan menggunakan prinsip viskositas bola jatuh. Namun dalam praktiknya untuk mengukur waktu yang diperlukan bola dari posisi awal sampai akhir pada pipa transparan (lamanya bola jatuh) sangat sulit dengan menggunakan panca indra karena sangat singkat atau terlalu cepat. Oleh karena itu besarnya viskositas dapat diketahui dari pengujian alat Viskosmeter kinematik bath kohler. Hasil pengukurannya dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.1 Hasil pengukuran viskometer dengan Viskometer kinematik bath kohler.

Jarak Tempuh ( km )	Temperatur (°C)	Viskositas kinematik
0 km	40 °C	77 cSt
	100 °C	11 cSt
2200 km	40 °C	57 cSt
	100 °C	8 cSt
3000 km	40 °C	52 cSt
	100 °C	8 cSt

V (viskositas kinematik)



Gambar 4.1 Grafik Viskositas kinematik

#### 4.2 Hasil Perhitungan Lamanya Bola Jatuh (t)

Pada bab ini akan di hitung lamanya bola jatuh setelah di peroleh nilai viskositas dari hasil pengujian dengan menggunakan viskometer kinematik bath kohler sebagaimana tercantum pada tabel 4.1. Hasil perhitungan ini untuk membuktikan bahwa lamanya bola jatuh sangat singkat sehinga sulit diamati dengan panca indra secara langsung. Disini akan dihitung besar lamanya bola jatuh ketika oli baru (0 km) pada suhu 40°C yang mempunyai viskositas kinematik 77 cst

Data awal yang telah diketahui adalah :

- Massa Bola 6 gr.
- Diameter bola 16.1 mm.
- Jari-jari bola 8.05 mm = 0.805 cm.
- Diameter tabung 41 mm.
- Jari-jari tabung 20,5 mm.

- Panjang lintasan pada aliran oli 70 cm.
- Minyak pelumas yang digunakan 0.8L (SAE10W30).
- Gaya gravitasi  $9,81 \frac{m}{sec^2} = 981 \frac{cm}{sec^2}$

$$\rho_{bola} = \frac{m}{V} = \frac{6gr}{\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3(bola)} = 2.74 \frac{gr}{cm^3}$$

#### 4.2.1 Perhitungan lamanya bola jatuh pada oli baru (jarak tempuh 0 km )

Sebelum menghitung *viskositas* minyak pelumas, terlebih dahulu menimbang ( $\rho$ ) yang telah dipanaskan pada temperatur  $40^0C$  dan  $100^0C$

$$\rho_{40^0C} = 0,85 \frac{gr}{cm^3}$$

$$\rho_{100^0C} = 0,83 \frac{gr}{cm^3}$$

Setelah mengetahui ( $\rho$ ) yang telah dipanaskan pada temperatur  $40^0C$  dan  $100^0C$ , dan mengukur *viskositasnya*, baru dapat dihitung nilai koefisien *viskositasnya*. Menghitung f (*correction factor*)



dengan rumus :

$f(\text{correction factor})$ :

$$1 - 2,104\left(\frac{d}{D}\right) + 2,09\left(\frac{d}{D}\right)^3 - 0,9\left(\frac{d}{D}\right)^5$$

Dimana :

(d) adalah diameter Bola.

(D) adalah diameter Tabung.

Sehingga dapat dihitung :

$$1 - 2,104\left(\frac{16,1mm}{41mm}\right) + 2,09\left(\frac{16,1mm}{41mm}\right)^3 - 0,9\left(\frac{16,1mm}{41mm}\right)^5$$

$$1 - 2,104(0,39) + 2,09(0,39)^3 - 0,9(0,39)^5$$

$$1 - (0,82056) + (0,12397) - (0,00812) = 0,29$$

Menghitung waktu lamanya bola jatuh ( 0 km )

Untuk dapat mengitung waktu lamanya bola jatuh bisa menggunakan rumus 2-6

A. Pada Temperatur 40° C

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

$$\begin{aligned}\mu &= \nu \cdot \rho \\ &= 0,77 \cdot 0,85 \\ &= 0,65\end{aligned}$$

$$\frac{\mu}{\frac{2 \cdot r^2 \cdot g \cdot (\rho_{bola} - \rho_{fluida}) \cdot f}{9 \cdot x}}$$

$$\frac{0,65}{\frac{1,296 \text{ cm}^2 \cdot 981 \text{ cm/sec} \cdot 1,89 \text{ gr/cm}^3 \cdot 0,29}{9,70}}$$

$$\frac{0,65}{\frac{1,296 \text{ cm}^2 \cdot 981 \text{ cm/sec} \cdot 1,89 \text{ gr/cm}^3 \cdot 0,29}{630}}$$

$$= \frac{0,65}{1,106}$$

$$= 0,58$$

$$\Rightarrow t_{40^\circ C} = 0,58 \text{ sec}$$

B. Pada Temperatur 100° C

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

$$\begin{aligned}\mu &= \nu \cdot P \\ &= 0,11 \cdot 0,83 \\ &= 0,13\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}&\frac{\mu}{\frac{2 \cdot r^2 \cdot g \cdot (\rho_{bola} - \rho_{fluida}) \cdot f}{9 \cdot x}} \\ &\frac{0,13}{\frac{1,296 \text{ cm}^2 \cdot 981 \text{ cm/sec} \cdot 1,91 \text{ gr/cm}^3 \cdot 0,29}{9,70}} \\ &\frac{0,13}{\frac{1,296 \text{ cm}^2 \cdot 981 \text{ cm/sec} \cdot 1,91 \text{ gr/cm}^3 \cdot 0,29}{630}} \\ &= \frac{0,13}{1,117} \\ &= 0,11\end{aligned}$$

$$t_{100^\circ C} = 0,11 \text{ sec}$$

#### 4.2.2 Menghitung waktu lamanya bola jatuh ( 2000 km )

A. Pada Temperatur 40° C

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

$$\mu = \nu \cdot P$$

$$= 0,57 \cdot 0,81$$

$$= 0,46$$

$$\mu$$

$$\frac{2 \cdot r^2 \cdot g \cdot (\rho_{bola} - \rho_{fluida}) \cdot f}{9 \cdot x}$$

$$0,46$$

$$\frac{1,296 \text{ cm}^2 \cdot 981 \text{ cm/sec} \cdot 1,93 \text{ gr/cm}^3 \cdot 0,29}{9,70}$$

$$0,46$$

$$\frac{1,296 \text{ cm}^2 \cdot 981 \text{ cm/sec} \cdot 1,93 \text{ gr/cm}^3 \cdot 0,29}{630}$$

$$= \frac{0,46}{1,12}$$

$$= 0,41$$

$$\text{➤ } t_{40^0 \text{ C}} = 0,41 \text{ sec}$$

B. Pada Temperatur 100° C

$$v = \frac{\mu}{\rho}$$

$$\mu = v \cdot P$$

$$= 0,08 \cdot 0,78$$

$$= 0,06$$

$$\mu$$

$$\frac{2 \cdot r^2 \cdot g \cdot (\rho_{bola} - \rho_{fluida}) \cdot f}{9 \cdot x}$$

$$0,06$$

$$\frac{1,296 \text{ cm}^2 \cdot 981 \text{ cm/sec} \cdot 1.96 \text{ gr/cm}^3 \cdot 0.29}{9.70}$$

$$0,06$$

$$\frac{1,296 \text{ cm}^2 \cdot 981 \text{ cm/sec} \cdot 1.96 \text{ gr/cm}^3 \cdot 0.29}{630}$$

$$= \frac{0,06}{1,14}$$

$$= 0,05$$

$$t_{100^{\circ}C} = 0,05 \text{ sec}$$

### 4.2.3 Menghitung waktu lamanya bola jatuh (3000 km)

8. Pada Temperatur 40° C

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

$$\mu = \nu \cdot P$$

$$= 0,52 \cdot 0,79$$

$$= 0,41$$

$$\mu$$

$$\frac{2 \cdot r^2 \cdot g \cdot (\rho_{bola} - \rho_{fluida}) \cdot f}{9 \cdot x}$$

$$0,41$$

$$\frac{1,296 \text{ cm}^2 \cdot 981 \text{ cm/sec} \cdot 2,22 \text{ gr/cm}^3 \cdot 0,29}{9,70}$$

$$0,41$$

$$\frac{1,296 \text{ cm}^2 \cdot 981 \text{ cm/sec} \cdot 2,22 \text{ gr/cm}^3 \cdot 0,29}{630}$$

$$= \frac{0,41}{1,29}$$

$$= 0,31$$

$$\Rightarrow t_{40^\circ \text{C}} = 0,31 \text{ sec}$$

B. Pada Temperatur 100° C

$$v = \frac{\mu}{\rho}$$

$$\begin{aligned}\mu &= v \cdot \rho \\ &= 0,85 \cdot 0,74 \\ &= 0,11\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}&\frac{\mu}{\frac{2 \cdot r^2 \cdot g \cdot (\rho_{bola} - \rho_{fluida}) \cdot f}{9 \cdot x}} \\ &\frac{0,11}{\frac{1,296 \text{ cm}^2 \cdot 981 \text{ cm/sec} \cdot 2 \text{ gr/cm}^3 \cdot 0,29}{9 \cdot 70}} \\ &\frac{0,11}{\frac{1,296 \text{ cm}^2 \cdot 981 \text{ cm/sec} \cdot 2 \text{ gr/cm}^3 \cdot 0,29}{630}} \\ &= \frac{0,11}{1,17} \\ &= 0,05\end{aligned}$$

$$t_{100^\circ C} = 0,09 \text{ sec}$$

Hasil perhitungan lamanya bola jatuh secara lengkap dapat dilihat pada tabel 4-2. Berdasarkan tabel tersebut terlihat bahwa lamanya bola jatuh sangat singkat terutama pada jarak tempuh 3000 km, 100° C, diperoleh nilai t sebesar 0,09 detik. Waktu yang singkat ini tidak mampu diamati oleh pancaindra.

#### 4.2 Tabel perhitungan waktu lamanya bola jatuh

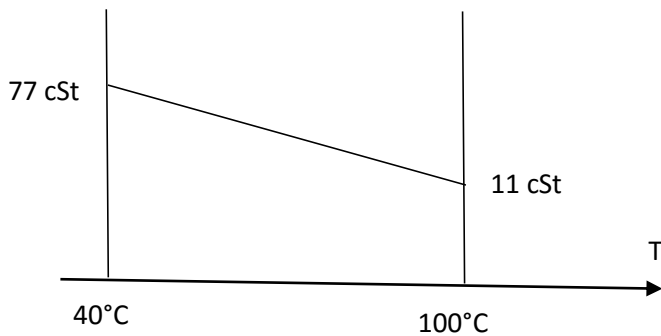
Jarak Tempuh ( L )	Temperatur (°C)	Viskositas Kinematik (v)	Waktu ( t )
0 km	40 °C	77 cSt	0,58 sec
	100 °C	11 cSt	0,11 sec
2200 km	40 °C	57 cSt	0,41 sec
	100 °C	8 cSt	0,05 sec
3000 km	40 °C	52 cSt	0,31 sec
	100 °C	8 cSt	0,09 sec

#### 4.3 Mencari Viskositas Index ( VI )

Dengan berubahnya nilai viskositas terhadap temperatur, maka dikenal adanya istilah “index viskositas” (VI) yang menyatakan kepekaan viskositas pada temperatur

##### 4.3.1 Menghitung Viskositas index ( 0 km )

Berdasarkan tabel 4.2 hubungan antara viskositas dengan temperatur dapat digambarkan seperti gambar 4.2 dibawah ini



Gambar 4.2 Viskositas index pada 0 km



$$VI = \frac{L - U}{L - H} \times 100\%$$

dimana :

L = viskositas pelumas standar, yang mempunyai nilai VI = 0 % pada 100°F

H = viskositas pelumas standar, yang mempunyai nilai VI = 100 % pada 100°F

U = viskositas pelumas yang diukur VI – nya dengan dipanaskan 100°F

Untuk mengetahui nilai L dan H menggunakan rumus empiris, sebagai berikut ini :

$$L = 0,2160 Y^2 + 12,070 Y - 721,2$$

$$H = 0,0408 Y^2 + 12,568 Y - 475,4$$

Dimana :

Y = Hasil viskositas pada temperatur 100 °C

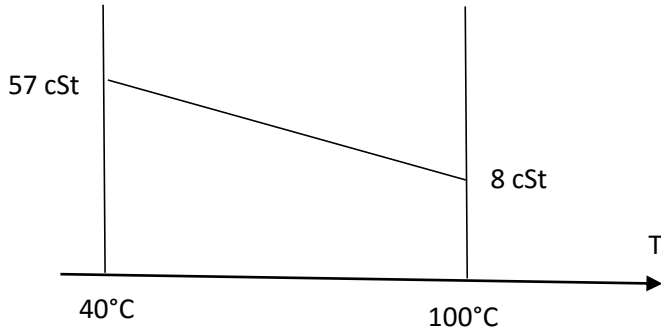
$$\begin{aligned} L &= 0,2160 \times 11,57^2 + 12,070 \times 11,57 - 721,2 \\ &= -552,635 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H &= 0,0408 \times 11,57^2 + 12,568 \times 11,57 - 475,4 \\ &= -323,485 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} VI &= \frac{-552,635 - 77,55}{-552,635 - (-323,485)} \times 100\% \\ &= 275 \end{aligned}$$

#### 4.3.2 Menghitung Viskositas index ( 2200 km )

Berdasarkan tabel 4.2 hubungan antara viskositas dengan temperatur dapat digambarkan seperti gambar 4.2 dibawah ini



Gambar 4.3 Viskositas index pada 2200 km

$$VI = \frac{L - U}{L - H} \times 100\%$$

$$L = 0,2160 Y^2 + 12,070 Y - 721,2$$

$$H = 0,0408 Y^2 + 12,568 Y - 475,4$$

Dimana :

Y = Hasil viskositas pada temperatur 100 °C

$$= 8,57$$

$$L = 0,2160 \times 8,57^2 + 12,070 \times 8,57 - 721,2$$

$$= - 601,896$$

$$H = 0,0408 \times 8,57^2 + 12,568 \times 8,57 - 475,4$$

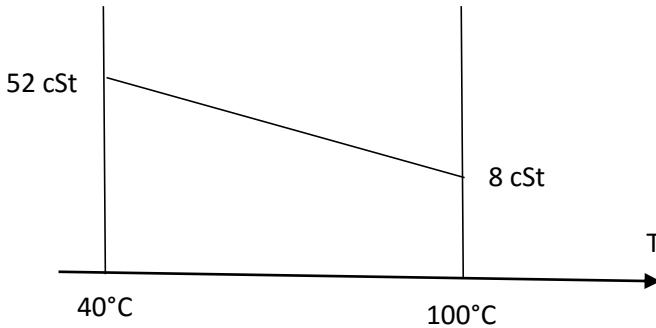
$$= - 364,695$$

$$VI = \frac{- 601,896 - 57,31}{- 601,896 - (-364,695)} \times 100\%$$

$$= 277$$

### 4.3.3 Menghitung Viskositas index ( 3000 km )

Berdasarkan tabel 4.2 hubungan antara viskositas dengan temperatur dapat digambarkan seperti gambar 4.2 dibawah ini



Gambar 4.3 Viskositas index pada 3000 km

$$VI = \frac{L - U}{L - H} \times 100\%$$

$$L = 0,2160 Y^2 + 12,070 Y - 721,2$$

$$H = 0,0408 Y^2 + 12,568 Y - 475,4$$

Dimana :

Y = Hasil viskositas pada temperatur 100 °C

$$= 8,50$$

$$L = 0,2160 \times 8,50^2 + 12,070 \times 8,50 - 721,2$$

$$= - 602,999$$

$$H = 0,0408 \times 8,50^2 + 12,568 \times 8,50 - 475,4$$

$$= - 365,624$$

$$VI = \frac{-602,999 - 52,89}{-602,999 - (-365,624)} \times 100\%$$

$$= 276$$

#### 4.3 Tabel hasil perhitungan Viskositas Index

No	Jarak Tempuh ( L ) km	Viskositas index
1.	0 km	275
2.	2200 km	276
3.	3000 km	276

#### 4.4 Pembahasan

Dalam pembahasan pada permasalahan yang terkait adalah tentang pengaruh suhu terhadap perubahan *viskositas*, pengaruh jarak tempuh terhadap viskositas minyak pelumas, dan kelayakan umur pakai minyak pelumas.

Pelumas tersebut harus sudah diganti (Menurut S.T.L.E. (*Society of Tribologists and Lubrication Engineers*), referensi *Tribology Data Handbook* .hal 929/Lampiran 5). Dari hasil pengujian dan perhitungan menunjukkan bahwa pengaruh jarak tempuh terhadap viskositas kinematik oli AHM MPX 2 SAE 10W 30 adalah semakin panjang jarak tempuh maka nilai viskositas kinematik akan semakin turun. Pada jarak tempuh 0 km nilai viskositasnya sebesar 77.55 cP pada suhu 40 °C dan pada jarak tempuh 3000 km nilai viskositasnya turun menjadi 52,89 cP.

Berdasarkan hasil perhitungan yang disimpulkan oleh tabel 4.3, menunjukkan bahwa viskositas indexnya tetap konstan. Artinya kepekaannya terhadap temperatur adalah tetap.

Viskometer bola jatuh yang panjang pipa kolom fluidanya sebesar 70 cm, tidak memungkinkan untuk bisa mengamati

lamanya bola jatuh secara tepat. Oleh karena itu untuk pengukuran viskositas menggunakan Viskometer kinematik bath kohler atau bisa memakai viskometer bola jatuh, tetapi dengan memperpanjang pipa kolom fluida, sampai mendapatkan harga  $t$  (lamanya bola jatuh ) bisa diamati oleh panca indra

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil analisa pengujian dan perhitungan viskositas minyak pelumas pada jarak tempuh 0 km, 2200 km, dan 3000 km yang diujikan pada sepeda motor honda beat ( 4 tak ) dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Semakin panjang jarak tempuh maka nilai viskositas kinematik akan semakin turun. Pada jarak tempuh 0 km, nilai viskositas sebesar 77.55 cP pada suhu 40° C, pada jarak tempuh 2200 km, nilai viskositas turun menjadi 57,31 cP pada suhu 40° C dan pada jarak tempuh 3000 km, nilai viskositasnya turun menjadi 52,89 cP pada suhu 40°C
2. Lamanya bola jatuh dari hasil perhitungan viskositas pada jarak tempuh 0 km dalam waktu 0,58 sec, sedangkan pada 2200 km dalam waktu 0,41 sec, dan pada jarak 3000 dalam waktu 0,31 sec.
3. Nilai Viskositas index minyak pelumas tidak dipengaruhi oleh temperatur dan nilainya tetap konstan pada jarak 0 km nilainya sebesar 275, pada 2200 km sebesar 276 dan pada jarak 3000 km sebesar 276

#### **5.2 Saran**

Untuk saran yang dapat diberikan pada permasalahan :

1. Sebaiknya dalam pengujian viskositas minyak pelumas dengan metode viskometer bola jatuh diharapkan suatu saat pengujian pengukurannya tidak secara manual melainkan menggunakan alat pengukuran waktu secara otomatis, dikarenakan keterbatasan alat indera manusia.
2. Alat ukur viskometer bola jatuh, dapat dijadikan sebagai alat peraga pengukuran viskositas pada mata kuliah fisika dan elemen mesin.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR PUSTAKA

1. Aron Deutschment, 1985 . ***Machine Design Theory***, Collier Macmillan International Editor, London.
2. Wartawan, Anton L. 1983 . **Minyak Pelumas, Pengetahuan Dasar dan Cara Penggunaan**, Jakarta
3. Browser, E.R., 1997, ***Tribology Data Handbook*** : Automotive Engine Oil Condition Monitoring, Amerika.
4. Stachowiak, Gwidon W. 2005 . **Engineering Tribology**, Third Edition, Elsevier Inc, USA
5. Sularso, Kiyokatsu Suga, 2002 . ***Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Mesin***, cetakan ke-10, PT Pradnya Paramita, Jakarta.
6. Fox, Robert W ; Mc Donald, Alan T. 2010. **Introduction To Fluid Mechanics, 8<sup>th</sup> edition**. New York : Jhon Wiley and Sons,inch.
7. [www.laskar-suzuki.com](http://www.laskar-suzuki.com)
8. [www.astra-honda.com](http://www.astra-honda.com)



## LAMPIRAN

### Lampiran 1 : Spesifikasi sepeda motor Honda Beat

#### Spesifikasi Mesin Honda BeAT

##### Spesifikasi Honda Beat

- Panjang X lebar X tinggi : 1.859 x 676 x 1053 mm
- Jarak Sumbu Roda : 1240 mm
- Jarak terendah ke tanah : 156 mm
- Berat kosong : 89,3 kg
- Tipe rangka : Tulang punggung
- Tipe suspensi depan : Teleskopik
- Tipe suspensi belakang : Lengan ayun dengan shockbreker tunggal
- Ukuran ban depan : 80/90 - 14 M/C 40P
- Ukuran ban belakang : 90/90 - 14 M/C 46P
- Rem depan : Cakram hidrolik dengan piston tunggal
- Rem belakang : Tromol
- Kapasitas tangki bahan bakar : 3,5 liter
- Tipe mesin : 4 langkah, OHC, pendingin udara
- Diameter x langkah : 50 x 55 mm
- Volume langkah : 108 cc
- Perbandingan Kompresi : 9,2 : 1
- Daya Maksimum : 8,22 PS/8.000 rpm
- Torsi Maksimum : 0,85 kgf.m/5.500 rpm
- Kapasitas Minyak Pelumas Mesin : 0,7 liter pada penggantian periodik
- Kopling Otomatis : Otomatis, sentrifugal, tipe kering
- Gigi Transmisi : Otomatis, V-Matic
- Pola Pengoperan Gigi : -
- Starter : Pedal dan Elektrik
- Aki : MF 12 V - 3 Ah
- Busi : ND U24EPR9, NGK CPR8EA-9
- Sistem Pengapian : DC-CDI, Baterai

Sumber : [www.astra-honda.com](http://www.astra-honda.com)

## Lampiran 2 : Hasil Viskositas dari lab LPPM ( 0 km )



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT  
Gedung Pusat Riset, Lantai Lobby, Kampus ITS Sukolilo - Surabaya 60111  
Telp : 031 - 5953759, Fax : 031 - 5955793, PABX : 1404, 1405  
<http://www.lppm.its.ac.id>

### LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Nama Pemilik : Agung Setia Budi Kurniawan  
Alamat Pemilik : Wiyung Surabaya  
Nama Contoh : Oil  
Deskripsi : Bentuk : Padat/Cair/Gas  
Contoh Volume : -  
Kemasan : Botol  
Kode Contoh : EI-575  
Tanggal Terima : 02 Okt 2017  
Tanggal Pengujian : 03 Okt 2017  
Tanggal Selesai : 04 Okt 2017  
Pengkujian :  
Jumlah Contoh : 1

Menyatakan bahwa contoh tersebut di atas telah diuji di Laboratorium Energi & Lingkungan – LPPM ITS.

No.	Nama Contoh	Jenis Uji	Hasil	Satuan	Metode Pengujian
1	OIL	Kinematic Viscosity at 40°C	77,55	cSt	ASTM D 445-97
		Kinematic Viscosity at 100°C	11,57	cSt	ASTM D 445-97

Suhu : 23,2°C  
Humidity : 42%  
Analisis : YVI

#### Catatan:

- Hasil pengujian hanya berlaku dari sampel yang diuji.
- Labotorium tidak bertanggung jawab atas kerugian pada pihak ke tiga.
- Laporan hasil pengujian hanya diperbanyak secara utuh.

Manajer Puncak  
Laboratorium Energi dan Lingkungan

Dr. Ir. Susianto, DEA  
NIP. 19620820 198903 1 004

Manajer Teknis

Vita Yuliana, S.Si  
NIP. 914014001

## Lampiran 3 : Lanjutan ( 2200 km )

### LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Nama Pemilik : Agung Setia Budi Kurniawan

Alamat Pemilik : D3 Teknik Mesin ITS

Nama Contoh : Oli bekas

Tanggal Terima : 11 Des 2017

Deskripsi : Bentuk : Padat/Cair/Gas

Tanggal Pengujian : 12 Des 2017

Contoh : Volume : -

Tanggal Selesai

Kemasan : Botol

Pengujian : 13 Des 2017

Kode Contoh : EI-747

Jumlah Contoh : 2

Menyatakan bahwa contoh tersebut di atas telah diuji di Laboratorium Energi & Lingkungan – LPPM ITS.

No.	Nama Contoh	Jenis Uji	Hasil	Satuan	Metode Pengujian
1	Oli Bekas	<i>Kinematic Viscosity at 40°C</i>	57,31	cSt	ASTM D 445-97
		<i>Kinematic Viscosity at 100°C</i>	8,57		

Suhu : 23,8

Humidity : 44%

Analisis : DPS

#### Catatan:

1. Hasil pengujian hanya berlaku dari sampel yang diuji.
2. Laboratorium tidak bertanggung jawab atas kerugian pada pihak ke tiga.
3. Laporan hasil pengujian hanya diperbanyak secara utuh.

Manajer Puncak

Laboratorium Energi dan Lingkungan

Manajer Teknis

Dr. Ir. Susianto, DEA

NIP. 19620820 198903 1 004

Vita Yuliana, S.Si

NIP. 914014001

## Lampiran 4 : Lanjutan ( 3000 km )

### LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Nama Pemilik : Agung Setia Budi Kurniawan  
Alamat Pemilik : D3 Teknik Mesin ITS  
Nama Contoh : Oli bekas  
Deskripsi : Bentuk : Padat/Cair/Gas  
Contoh : Volume : -  
Kemasan : Botol  
Kode Contoh : EI-001  
Tanggal Terima : 02 Jan 2018  
Tanggal Pengujian : 03 Jan 2018  
Tanggal Selesai : 04 Jan 2018  
Pengujian :  
Jumlah Contoh : 1

Menyatakan bahwa contoh tersebut di atas telah diuji di Laboratorium Energi & Lingkungan – LPPM ITS.

No.	Nama Contoh	Jenis Uji	Hasil	Satuan	Metode Pengujian
1	Oli Bekas	<i>Kinematic Viscosity at 40°C</i>	52,89	cSt	ASTM D 445-97
		<i>Kinematic Viscosity at 100°C</i>	8,50		

Suhu : 26,2  
Humidity : 39%  
Analisis : EWY

#### Catatan:

1. Hasil pengujian hanya berlaku dari sampel yang diuji.
2. Laboratorium tidak bertanggung jawab atas kerugian pada pihak ke tiga.
3. Laporan hasil pengujian hanya diperbanyak secara utuh.

Manajer Puncak  
Laboratorium Energi dan Lingkungan

Manajer Teknis

Dr. Ir. Susianto, DEA  
NIP. 19620820 198903 1 004

Vita Yuliana, S.Si  
NIP. 914014001

## Lampiran 5 : Viscosity Table Analysis Method

TABLE 2

Viscosity  
Analysis and  
Method

Warning Limit or Literature  
Result (Ref.)

Significance of Out-of-Limits Results

Related  
Analysis

Comments

At 40°C,  
ASTM D 445

Vis 40 less than half that of fresh oil  
has been observed without engine  
failure (1)

The vehicle was driven in short-trip service in a cold  
climate, or there was a fuel-system malfunction such  
that raw fuel entered engine oil.

Fuel in  
engine oil

A high concentration of fuel in oil  
may occur whenever engine oil never  
warms fully in short-trip service  
Check fresh-oil viscosity and  
insolubles content

At 100°C,  
ASTM D 445

Vis 100 <5 mPa · s (2)  
Vis 100 increase >35% (2) or Vis 100  
increase >375% (3)

Fuel is in the engine oil, or the viscosity index improver  
has sheared. Oil thickened due to oxidation,  
evaporation of lighter oil components, contamination  
by insolubles. Thickened oil may not provide  
adequate lubrication to critical engine parts. Antwear  
agent may be depleted.

Fuel in oil  
TAN, DSC,  
metals, soot,  
PIN

High-temp,  
high shear,  
ASTM D 4741  
Low temp,  
ASTM D 4684,  
ASTM D 5293

Vis 150 <2.9 mPa · s (4)  
Vis 25% below that of fresh oil (5)  
Oil no longer meets low-temp. spec.  
for its SAE viscosity grade (6)

Oil is thinned, possibly due to fuel in oil or shearing  
of VI improver. Insufficient vis may result in bearing  
and journal wear, low oil pressure, poor oil economy.  
Oil may not flow sufficiently at low temperatures and  
could cause poor low temperature cranking.

Fuel in oil

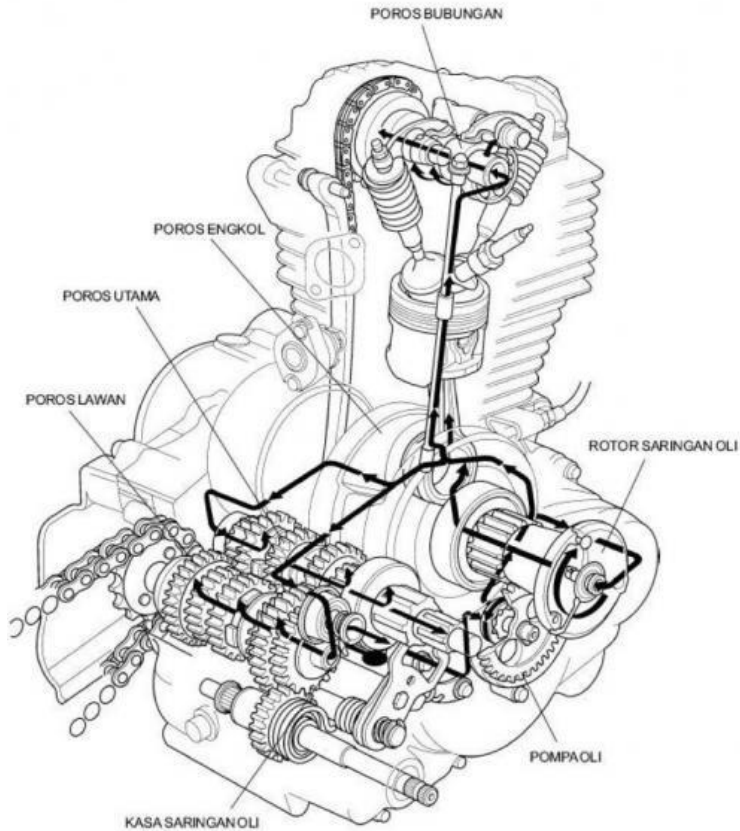
Other analyses: ASTM D 4624, D  
4683, D 5481  
Other analyses: ASTM D 2602, D  
2983, D 5133

Note: Vis = viscosity.

## Lampiran 6 : Sistem Pelumasan pada sepeda motor

### SISTEM PELUMASAN

---



Sumber : [www.laskar-suzuki.com/sistem-pelumasan-pada-motor-4-tak.html](http://www.laskar-suzuki.com/sistem-pelumasan-pada-motor-4-tak.html)

## Lampiran 7 : Spesifikasi Oli AHM MPX 2



### AHM Oil MPX-2

---

Untuk Matic

**(Spesifikasi SAE:10W-30, API-SL, JASO:MB)**

Diformulasikan oleh Honda R&D Japan dengan performa lubrikasi andal untuk melindungi sepeda motor Honda menjadi lebih irit namun bertenaga. Sangat hemat dengan penggantian yang lebih lama dan sekaligus mengurangi dampak pencemaran lingkungan. Memberikan daya lubrikasi sempurna untuk performa prima mesin sepeda motor Honda tipe kopling kering (matic).

Sumber : [www.astra-honda.com](http://www.astra-honda.com)

## BIODATA PENULIS



Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara yang dilahirkan pada tanggal 04 Juli 1996 di Surabaya. Provinsi Jawa Timur. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu TK Balasklumprik, SDN Balasklumprik, SMPN 24 Surabaya, SMKN 3 Surabaya, setelah lulus dari SMKN tahun 2014, Penulis melanjutkan studi di D3 Teknik Mesin Reguler FTI-ITS dalam bidang Manufaktur. Penulis sempat

melakukan kerja praktek di PT. SWADAYA GRAHA yang merupakan perusahaan yang bergerak di bidang Fabrikasi Baja di Gresik, Jawa Timur di dalam divisi workshop selama 1 bulan

Penulis juga aktif sempat aktif di beberapa kegiatan yang dilakukan oleh Himpunan D3 Teknik Mesin ITS, mulai dari pelatihan sebagai peserta maupun panitia. Serta mengikuti organisasi di himpunan sebagai staf BSO BENGKEL. Pelatihan yang pernah diikuti penulis : LKMM Pra-TD FTI-ITS (2014), Pelatihan Motor Bakar (2014) dan Pelatihan karya tulis ilmiah HMDM FTI-ITS (2014).

Dalam pengerjaan tugas akhir ini penulis membutuhkan waktu pengerjaan kurang lebih 3 bulan di pendidikan di D3 Teknik Mesin FTI-ITS. Penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa D3 Teknik mesin FTI-ITS khususnya, serta untuk kebermanfaat orang banyak kedepannya.

Email : kurniawanagung582@gmail.com